

**MODELO DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO PARA
EQUIPAMIENTO INDUSTRIAL MEDIANTE EL USO DE CÓDIGOS DE BARRA
QR (QUICK RESPONSE).**

**LUIS EDUARDO GOMEZ C.
JHON FREDDY FRANCO CARRILLO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2013**

**MODELO DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO PARA
EQUIPAMIENTO INDUSTRIAL MEDIANTE EL USO DE CÓDIGOS DE BARRA
QR (QUICK RESPONSE).**

**LUIS EDUARDO GOMEZ C.
JHON FREDDY FRANCO CARRILLO**

Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de Especialista
en Gerencia de Mantenimiento

Director: Steiver Montoya Silva
Ingeniero de Producción
Especialista en Gestión de Activos, Confiabilidad y Proyectos

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2013**

DEDICATORIA

A ti señor Jesucristo creador de todas las cosas.

A mi padre Luis Eduardo Franco Fuentes por su apoyo y dedicación constante.

A mi madre Miriam Carrillo Landazábal por su apoyo y dedicación constante.

A mi futura esposa Monica Shirley Ruiz Chacón por su comprensión y amor.

A mis Hijos Jhon David y Alejandro por ser mi fuente de Aspiración Constante.

A mis hermanos Eduard y Julieth por su colaboración

A mis familiares y amigos que me ayudaron en mi formación como profesional.

Jhon Freddy Franco

A Dios por haberme permitido llegar a este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos

A mis padres por ser el pilar fundamental de lo que soy.

A mi Hijo Santiago por haberme mejorado mi vida.

A mis familiares, hermanos y amigos que me brindaron su apoyo para llevar a cabo otra meta más en mi vida.

Finalmente a todos aquellos que marcaron una etapa de nuestro camino Universitario.

Luis Eduardo Gomez

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

Agradecemos a Dios, por nuestra salud, sabiduría y por darnos la oportunidad de promover nuestro crecimiento profesional.

A la Universidad Industrial de Santander, especialmente a los profesores del programa académico por su colaboración, paciencia y apoyo académico.

A los Ingenieros Cesar Augusto Martínez Cabeles y Steiver Montoya Silva, por la información suministrada, su acompañamiento y asesoría en la elaboración de esta Monografía.

A nuestras familias, quienes nos apoyaron incondicionalmente en la ejecución de este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. PRESENTACIÓN DE LA COMPAÑÍA	26
1.1 ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL DE ECOPETROL S.A	26
1.2 PERSPECTIVA HISTORICA	26
1.3 MISIÓN	28
1.4 VISIÓN	28
1.5 ESTRUCTURA DE LA GERENCIA DE POLIDUCTOS DE ECOCEPTROL S.A.	28
2. MARCO TEORICO	31
2.1 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.	31
2.2 LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	35
2.3 MODO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.	37
2.4 NORMA ISO DIS 14224:2006	38
2.5 SISTEMA DE GESTIÓN DE BASES DE DATOS	40
2.5.1 Sistema de información en mantenimiento	41
2.5.1 Elementos que componen un sistema de Información.	41
2.6 MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN MOTORES ELÉCTRICOS.	41
2.7 IEEE 286 – VARIACIÓN DE FACTOR DE POTENCIA, TIP-UP (MÁQUINAS NUEVAS Y USADAS).	42
2.8 IEEE 522 – ENSAYOS DE IMPULSOS ALTA TENSIÓN PARA AISLACIÓN ENTRE ESPIRAS (MÁQUINAS NUEVAS Y USADAS).	44
2.9 IEEE 1434 - DESCARGAS PARCIALES (MÁQUINAS NUEVAS Y USADAS)	46
2.10 IEEE 43 – RESISTENCIA DE AISLACIÓN E ÍNDICE DE POLARIZACIÓN (IP)IEEE 43-2000. (MÁQUINAS NUEVAS Y USADAS).	48
2.11 IEEE 95 – ALTA TENSIÓN CONTINUA (MÁQUINAS NUEVAS Y USADAS)	55
2.12 VIBRACIÓN MECÁNICA EN EQUIPOS ROTATIVOS – ISO 10816.	58
2.13 CÓDIGOS QR.	62
2.13.1 Marco conceptual códigos QR.	63
2.13.2 Características generales de los códigos QR.	64
2.13.3 Almacenamiento	65
2.13.4 Etiquetado móvil.	66

3.	METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CÓDIGOS QR PARA LA GESTIÓN DOCUMENTAL DE LA INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES.	67
3.1	APLICACIÓN DEL DISEÑO METODOLÓGICO.	67
3.2	RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR MPPMGAL00110.	68
3.2.1	Identificación de las características Técnicas del Equipo.	68
3.2.2	Recopilación en orden Cronológico las actividades de Mantenimiento Realizado al Equipo.	69
3.3	DISEÑO DE PLATAFORMA WEB PARA CENTRALIZAR LA INFORMACIÓN OBTENIDA.	70
3.4	DISEÑO Y ELABORACIÓN DE HOJA DE VIDA DEL EQUIPO EN PAGINA WEB.	72
3.5	OBTENCIÓN DEL CÓDIGO LINK DE LA WEB EN WWW.LEOTECNICAS.COM.	72
3.6	IMPLEMENTACIÓN DEL CÓDIGO QR	73
3.7	IMPRESIÓN DEL CÓDIGO QR DEL LINK OBTENIDO DE LA PÁGINA WEB.	75
3.8	IMPLEMENTAR EL CÓDIGO QR EN EL EQUIPO.	76
3.9	CAPACITACIÓN PARA LA TOMA DE LECTURA DEL CÓDIGO IN SITU CON APOYO DE EQUIPOS TECNOLÓGICOS.	77
4.	CONCLUSIONES	78
5.	RECOMENDACIONES	80
	BIBLIOGRAFIA	81
	ANEXOS	83

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tipos de Gestión	37
Tabla 2. Modos de Gestión del Mantenimiento	37
Tabla 3. Tensión continua de ensayo sugerida	52
Tabla 4. Valores mínimos recomendados para la resistencia de aislación a 40°C (valores en Mohm) e índice de polarización.	53
Tabla 5. Severidad de la vibración según la norma ISO 10816-3	61
Tabla 6. Capacidad de Datos del Código QR.	65
Tabla 7. Capacidad de correcciones de errores	66
Tabla 8. Especificaciones técnicas del equipo.	68

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura de la Gerencia de Poliductos de ECOPEPETROL S.A.	29
Figura 2. Plano de Estación Galán.	30
Figura 3. Posición del Mantenimiento hasta la década de 1914	31
Figura 4. Mantenimiento en las décadas de 1930 y 1940	32
Figura 5. Ingeniería de mantenimiento en los años 1950	32
Figura 6. Subdivisión de ingeniería del mantenimiento en el año 1966	33
Figura 7. Subdivisión de la empresa y área de mantenimiento a partir de 1980	34
Figura 8. Evolución del Mantenimiento.	35
Figura 9. Generaciones del Mantenimiento	35
Figura 10. Comportamiento típico de resistencia de aislación en un período de varios meses bajo condiciones variables de operación (curvas trazadas con las lecturas puntuales de un instrumento Megger.	51
Figura 11. Código QR.	63
Figura 12. Código QR frente a un código de barras	64
Figura 13. Características Generales de los Códigos QR	64
Figura 14. Etiquetado Móvil.	66
Figura 15. Mapa Mental para la Implementación de Códigos QR	67
Figura 16. Motor Eléctrico MPPMGAL00110.	69
Figura 17. Pagina Web LEOTECHNICAS LTDA.	70
Figura 18. Creación de perfiles a equipos Administración	71

Figura 19. Datos del equipo MPPMGAL00110	72
Figura 20. Link de la página web de LEOTECNICAS LTDA.	73
Figura 21. Pagina Web para Generar el Código QR	74
Figura 22. Software para impresión térmica	75
Figura 23. Código QR generado para el equipo	75
Figura 24. Toma de lectura con Smartphone	76
Figura 25. Capturador de Datos Automático Marca DENSO – WAVE.	77

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Protocolo de Medición de Resistencia de Aislamiento 01.07.2011	83
ANEXO B. Análisis Monitoreo de Condición 21.10.2011	83
ANEXO C. Protocolo de Medición de Resistencia de Aislamiento 30.01.2012	86
ANEXO D. Protocolo de Medición de Resistencia de Aislamiento 30.06.2012	87
ANEXO E. Manual de Instrucciones Impresora PANDUIT	88

GLOSARIO

CM: (Condition Monitoring) Monitoreo de condición

CMMIS: (Computerised Maintenance Management Information System), Sistema de información administrativa computarizado de mantenimiento.

CONFIABILIDAD: es la probabilidad de que un equipo desempeñe las funciones para las cuales es diseñado, durante un periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operación, ambientales y de entorno.

DATOS DE LOS EQUIPOS: parámetros técnicos, operativos y medioambientales que caracterizan el diseño y el uso de una unidad de equipo.

DATOS DE MANTENIMIENTO: los datos que caracterizan la acción de mantenimiento planificado o hecho

DISPONIBILIDAD: la capacidad de un elemento para estar en un estado para llevar a cabo una función necesaria en las condiciones dadas en un instante dado del tiempo o durante un intervalo de tiempo dado, suponiendo que se proporcionan los recursos necesarios externos

FALLA: es la pérdida de la capacidad de una instalación, ducto, equipo o componente para desempeñar una función requerida.

FIABILIDAD: la capacidad de un elemento para realizar una función necesaria en las condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado.

NOTA La fiabilidad a largo plazo también se utiliza como una medida del rendimiento y la fiabilidad también puede definirse como una probabilidad.

FUNCIÓN REQUERIDA: función o combinación de funciones de un equipo o componente que se considera necesario para proveer un servicio dado.

HORAS-HOMBRE DE MANTENIMIENTO: la duración acumulada de los tiempos de mantenimiento individual, expresado en horas, usado por todo el mantenimiento de personal para un determinado tipo de acción de mantenimiento o durante un determinado intervalo de tiempo.

NOTA Como varias personas pueden trabajar al mismo tiempo, las horas-hombre no están directamente relacionadas con otros parámetros como TMPR o TMI (ver las definiciones de TMPR y el TMI).

ICPQ: (IEEE) International Conference on Quality and Reliability.

INSPECCIÓN: servicios de Mantenimiento Preventivo, caracterizado por la alta frecuencia (baja periodicidad) y corta duración, normalmente efectuada utilizando instrumentos simples de medición (termómetros, tacómetros, voltímetros etc.) o los sentidos humanos y sin provocar indisponibilidad

ISO: (International standard Organization), Organización de estándares internacionales.

ÍTEM: establecido como un componente independiente y autónomo de una unidad, hace referencia a componentes como: motores, reductores, bombas, compresores, etc.

ÍTEM MANTENIBLE: se refiere al componente que en su estructura está constituido de elementos que se pueden mantener, ya sea mediante lubricación, ajustes o recambios de algunas de sus partes.

MANTENIMIENTO: combinación de todas las acciones administrativas y técnicas, incluyendo acciones de supervisión, para conservar o restaurar una instalación, ducto, equipo o componente a un estado tal que pueda llevar a cabo una función requerida.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: actividades llevadas a cabo después de la ocurrencia de una falla que implica una pérdida completa de la función para restablecer una instalación, ducto, equipo o componente a un estado en el cual pueda desempeñar una función requerida.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO: actividades de inspección, pruebas, análisis, evaluación o medición de las condiciones de una instalación, ducto, equipo o componente, llevadas a cabo a intervalos predeterminados o de acuerdo a criterios prescritos para determinar su probabilidad de falla durante algún período futuro, con objeto de tomar la acción de mantenimiento apropiada para evitar las consecuencias de esa posible falla.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: actividades llevadas a cabo a intervalos predeterminados o de acuerdo a criterios prescritos o como una recomendación emanada del resultado de una actividad predictiva, para reducir la probabilidad de falla o la degradación del funcionamiento por debajo de los límites aceptables de operación, seguridad y diseño de una instalación, ducto, equipo o componente.

MONITOREO DE CONDICIÓN: es la medición de una variable física que se considera representativa de la condición de un equipo y comparación con valores que indican si el equipo está en buen estado o deteriorado.

PERFORMANCE: es la característica descriptiva del desempeño de una unidad al inicio de su funcionamiento.

QR: (Quick Response) Respuesta Rápida.

REGISTRO DE MANTENIMIENTO: parte de la documentación de mantenimiento, que contiene todos los fallos, averías y mantenimiento de información relativa de un equipo.

NOTA: este registro también puede incluir los gastos de mantenimiento, disponibilidad de los equipos o el tiempo y otros datos, cuando amerite.

TAXONOMÍA: clasificación sistemática de los elementos en grupos genéricos basados en factores posiblemente común a varios de los elementos de una unidad.

TIEMPO DE MANTENIMIENTO DE ACTIVOS: es aquel que parte del tiempo de mantenimiento durante el cual una acción de mantenimiento se realiza en un elemento, ya sea automática o manualmente, con exclusión de los retrasos logísticos

UNIDAD DE EQUIPO: unidad específica de un equipo dentro de una categoría que se define por sus límites (por ejemplo, una bomba)

VERIFICACIÓN: Actividades que se realizan para comparar valores de una variable, un equipo o instrumento, con el fin de encontrarlas dentro de rango.

RESUMEN

TÍTULO: “DISEÑAR UN MODELO DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPAMIENTO INDUSTRIAL MEDIANTE EL USO DE CÓDIGOS DE BARRA QR (QUICK RESPONSE).”*

AUTOR (ES): LUIS EDUARDO GOMEZ CASTAÑO**
JHON FREDDY FRANCO CARRILLO**

PALABRAS CLAVES: Códigos QR, Gestión de la Información, Plataforma Web

DESCRIPCIÓN:

Actualmente, en la gestión de mantenimiento aplicada a las maquinas industriales, hemos encontrado que existe un brecha grande entre la gestión de los trabajos de mantenimiento y la gestión de la información de las maquinas, donde la información de las actividades realizadas queda dispersa entre departamentos y no facilita la toma de decisiones oportunamente y desviación sutil del objetivo de los departamentos de mantenimiento.

Los códigos ICQR, son la evolución de los códigos de barra utilizados en primera instancia en el ámbito comercial de productos y bienes de consumo, esta herramienta tiene la capacidad de almacenar información en altos volúmenes y de la misma forma cifrar contenidos de: Direcciones URL, mensajes de texto, textos, entre otros.

En la empresa Ecopetrol S.A, los departamentos de mantenimiento emplean el software ELIPSE, donde realizan toda la planeación respectiva para el control del mantenimiento y del ciclo de utilización de las maquinas en sus diferentes departamentos, pero cada uno es responsable de gestionar la información de sus maquinas, en este caso, se realizó la aplicación de esta herramienta en los motores eléctricos de la plana de gas GALÁN de la vicepresidencia de transporte en la ciudad de Barrancabermeja (Santander - Colombia), donde la información de mantenimiento de éstos se encontraba dispersa y no tenía cierta correspondencia con los datos ingresados en el software, se organizó y recopiló la información a través de una plataforma web de la empresa LEOTECNICAS LTDA., permitiendo que todos los técnicos e ingenieros de la planta tengan acceso a conocer las actividades realizadas a los equipos en tiempo real y rápido simplemente con el uso de dispositivos móviles, facilitando la toma de decisiones en la gestión de mantenimiento de manera oportuna.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director: Steiver Montoya Silva.

ABSTRACT

TITLE: “DESIGNING AN INFORMATION MANAGEMENT MODEL FOR MAINTENANCE OF INDUSTRIAL EQUIPMENT THROUGH THE USE OF BARCODING QR (QUICK RESPONSE).”*

BY: LUIS EDUARDO GOMEZ CASTAÑO**
JHON FREDDY FRANCO CARRILLO**

KEY WORDS: QR Codes, Information Management, Web Platform.

DESCRIPTION:

Throughout the process of maintenance carried out in industrial machines, it has been perceived that there is a big gap between the management of works of maintenance and the management of information about the machines, where the information about the activities undertaken lies dispersed among departments and does not help opportune decision making and slightly deviates the objectives at the maintenance departments.

QR codes are the evolution of bar codes used in the first instance in the field of commercial and consumer products, this tool has the ability to store information in high volumes and encrypt content at URLs, text messages, books, among others.

In Ecopetrol SA, maintenance departments use the software called ELIPSE, where they do all their respective planning in order to control the cycle of maintenance and use of machinery in its various departments. Each of them is responsible for managing the information of their machines; in this case, this tool was used in the electric motors of the GALAN gas plant from the transport vice presidency in the city of Barrancabermeja (Santander - Colombia) where their maintenance information was scattered and did not have some correspondence with the data entered into the software, the information was organized and gathered through a web platform from LEOTECNICAS LTDA Company., allowing all technicians and engineers of the plant have access to know the activities applied to the equipment in real time and fast, with the only use of mobile devices, facilitating decision-making in the management of maintenance in a timely manner

* Monographe

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director: Steiver Montoya Silva.

INTRODUCCIÓN

Con la evolución y expansión que experimentó Internet en las últimas dos décadas, el desarrollo y crecimiento de múltiples dispositivos móviles, y la fuerte potencia que viene desarrollando la realidad aumentada desde hace un par de años, los códigos QR están incrementando fuertemente su incidencia en los procesos de tecnología e innovación en las organizaciones, su rápida difusión, en parte, tiene que ver con que sus creadores no reclamaron la patente, por lo que se trata de un etiquetado móvil de código abierto y licencia libre.

Los usos de los códigos QR se han multiplicado y el ámbito del Mantenimiento industrial está explorando su utilización. La gran innovación de los códigos QR consiste en conectar los objetos reales con cualquier contenido web. Los dispositivos móviles son capaces de leer estos códigos desde cualquier superficie, ya sea impresa o en pantalla. De este modo, un documento en papel puede convertirse en un material multimedia si se utiliza a través de un dispositivo móvil. Esta forma de recibir información es más económica, lo que puede contribuir a que las profesionales del mantenimiento exploren la viabilidad de ligar los contenidos multimedia con los soportes impresos.

Por lo anterior, es importante hacer planteamientos desde el ámbito académico sobre las posibilidades, opciones y tendencias mundiales para proponer un Modelo de Gestión de información de Mantenimiento para equipamiento industrial mediante el uso de códigos de barra QR.

El presente trabajo de investigación pretende ofrecer un Modelo de Gestión de información de Mantenimiento para equipamiento industrial mediante el uso de códigos de barra QR (Quick Response), al Motor Eléctrico de N° de serie D79300540-05, con potencia de 1500 Kw/2000 HP, cuya funcionalidad es transformar la energía eléctrica en energía mecánica, el cual está localizado dentro de la refinería de Barrancabermeja de ECOPETROL, Estación Galán.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para cualquier organización de clase mundial, el mantenimiento es considerado como parte funcional dentro del proceso lucrativo en una empresa, lo que involucra un proceso sistemático para lograr que los activos realicen definitivamente su función. En este proceso, se llevan a cabo ciertas actividades con el fin de controlar la disponibilidad y confiabilidad de éstos para el proceso, dentro de las que está, llevar a cabo tareas de control de la información que describen lo realizado durante su ciclo de utilización. Todo el mundo reconoce que la función de un Sistema de Mantenimiento es una de las más conflictivas y de difícil manejo dentro del marco operativo industrial. Ello se debe básicamente a la inmensidad de circunstancias, variables, parámetros y datos que para la toma de decisiones debe conciliar.

Ante la dinámica de un mercado cambiante y exigente, las industrias se encuentran sometidas a enormes presiones para ser competitivas y ofrecer una entrega oportuna de productos con calidad. De ahí que este proyecto va direccionado, no al planteamiento de algún problema específico, si no al mejoramiento en los sistema de Información por medio de la tecnología y del uso de los Códigos QR (Quick Response o respuesta rápida).

Inicialmente, los códigos QR lo utilizaban los fabricantes de automóviles para la administración y el control de inventarios. Actualmente, son muchos los sectores que lo utilizan para compartir información de una manera visual y rápida: desarrolladores de software, agencias de marketing publicidad, prensa, telecomunicaciones, entre otros. La tecnología constituye un instrumento que, bien utilizado, puede ayudarnos a ofrecer respuestas de gran valor ante las enormes exigencias que día a día plantean los usuarios finales.

Es importante determinar que las nuevas tendencias en mantenimiento implican un cambio radical, como por ejemplo que la información esté disponible para consultar desde cualquier parte del mundo sin necesidad de tener un software específico para tal fin, asimismo el uso adecuado de las herramientas que permiten visualizar la información de modo oportuno, la cual orientará al usuario planear, verificar, controlar y tomar decisiones acertadas y generar la trazabilidad de los mantenimientos realizados e inspecciones a cada activo de la organización.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un Modelo de Gestión de la Información de Mantenimiento para Equipamiento Industrial Mediante el Uso De Códigos de Barra QR (Quick Response).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un modelo de control de inspecciones mecánicas para equipos industriales mediante el uso de codificación códigos de barra QR (Quick response).
- Diseñar una plataforma de adquisición de datos para la información contenida en los Códigos QR.
- Establecer el patrón de códigos para los tipos de equipos industriales según la norma ISO/DIS 14224:2006 a incluir en los códigos de barra QR.

JUSTIFICACIÓN

El mundo de hoy presenta una explosión de nuevos métodos y herramientas, es un mundo comunicado, un mundo en evolución pero en medio de todo el compendio de novedades que nos rodea y que a veces nos sumerge en el asombro, la trama de la obra es siempre la misma, las necesidades son similares y la verdadera clave de éxito está en aplicar los conocimientos que la humanidad ha logrado compilar a través de los años en el uso de nuevas herramientas que los tiempos actuales ponen a disposición.

Es evidente que la tecnología constituye un instrumento que, bien utilizada, puede ayudarnos a ofrecer respuestas de gran valor ante las enormes exigencias que día a día plantean las necesidades que nos empujan a ser eficientemente competitivos.

El objetivo de esta monografía es aprovechar las ventajas y el desarrollo que en los últimos años están teniendo los códigos bidimensionales, para proponer un modelo de Gestión de Información de mantenimiento, mediante el cual los activos estén permanentemente monitoreados y que, ante cualquier incidencia, se desencadenen las acciones necesarias para evitar que se produzca un fallo o paradas no Programadas en los equipos, ocasionado negativamente un impacto económico a la organización.

Los códigos bidimensionales ofrecen la comodidad que de manera sencilla el personal autorizado para intervenir un activo acceda a toda la información registrada en la base datos como por ejemplo: Manual de instalación y operación, información técnica, lista de repuesto en stock, intervenciones de los mantenedores, Horas de Uso, Horas Hombre etc., esto nos ayuda a eliminar los

registros de mantenimiento en formato papel que habitualmente se archivan de forma inadecuada, y al momento de requerirse suelen estar dañados o perdidos

Las estrategias, técnicas, operaciones e instrumentos que se utilizan en la Gestión y Operación de Mantenimiento, requieren de una plataforma especializada para su adecuada administración. Los datos, la información y su análisis en tiempo real, permiten tomar mejores y más acertadas decisiones en mantenimiento

1. PRESENTACIÓN DE LA COMPAÑÍA

1.1. ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL DE ECOPETROL S.A.

Ecopetrol S.A. es una Sociedad de Economía Mixta, de carácter comercial, organizada bajo la forma de sociedad anónima, del orden nacional, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, de conformidad con lo establecido en la Ley 1118 de 2006, regida por los Estatutos Sociales que se encuentran contenidos de manera integral en la Escritura Pública No. 5314 del 14 de diciembre de 2007, otorgada en la Notaría Segunda del Círculo Notarial de Bogotá D.C.

1.2. PERSPECTIVA HISTÓRICA

La reversión al Estado Colombiano de la Concesión De Mares, el 25 de agosto de 1951, dio origen a la Empresa Colombiana de Petróleos.

La naciente empresa asumió los activos revertidos de la Tropical Oil Company que en 1921 inició la actividad petrolera en Colombia con la puesta en producción del Campo La Cira - Infantas en el Valle Medio del Río Magdalena, localizado a unos 300 kilómetros al nororiente de Bogotá.

Ecopetrol emprendió actividades en la cadena del petróleo como una Empresa Industrial y Comercial del Estado, encargada de administrar el recurso hidrocarburífero de la nación, y creció en la medida en que otras concesiones revirtieron e incorporó su operación.

En 1961 asumió el manejo directo de la refinería de Barrancabermeja. Trece años después compró la Refinería de Cartagena, construida por Intercol en 1956.

En 1970 adoptó su primer estatuto orgánico que ratificó su naturaleza de empresa industrial y comercial del Estado, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, cuya

vigilancia fiscal es ejercida por la Contraloría General de la República. La empresa funciona como sociedad de naturaleza mercantil, dedicada al ejercicio de las actividades propias de la industria y el comercio del petróleo y sus afines, conforme a las reglas del derecho privado y a las normas contenidas en sus estatutos, salvo excepciones consagradas en la ley (Decreto 1209 de 1994).

En septiembre de 1983 se produjo la mejor noticia para la historia de Ecopetrol y una de las mejores para Colombia: el descubrimiento del Campo Caño Limón, en asocio con OXY, un yacimiento con reservas estimadas en 1.100 millones de millones de barriles. Gracias a este campo, la Empresa inició una nueva era y en el año de 1986 Colombia volvió a ser en un país exportador de petróleo.

En los años noventa Colombia prolongó su autosuficiencia petrolera, con el descubrimiento de los gigantes Cusiana y Cupiagua, en el Piedemonte LLanero, en asocio con la British Petroleum Company.

En 2003 el gobierno colombiano reestructuró la Empresa Colombiana de Petróleos, con el objetivo de internacionalizarla y hacerla más competitiva en el marco de la industria mundial de hidrocarburos.

Con la expedición del Decreto 1760 del 26 de Junio de 2003 modificó la estructura orgánica de la Empresa Colombiana de Petróleos y la convirtió en Ecopetrol S.A., una sociedad pública por acciones, ciento por ciento estatal, vinculada al Ministerio de Minas y Energía y regida por sus estatutos protocolizados en la Escritura Pública número 4832 del 31 de octubre de 2005, otorgada en la Notaría Segunda del Circuito Notarial de Bogotá D.C., y aclarada por la Escritura Pública número 5773 del 23 de diciembre de 2005.

Con la transformación de la Empresa Colombiana de Petróleos en la nueva Ecopetrol S.A., la Compañía se liberó de las funciones de Estado como

administrador del recurso petrolero y para realizar esta función fue creada La ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos).

A partir de 2003, Ecopetrol S.A. inició una era en la que, con mayor autonomía, ha acelerado sus actividades de exploración, su capacidad de obtener resultados con visión empresarial y comercial y el interés por mejorar su competitividad en el mercado petrolero mundial.

Actualmente, Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país con una utilidad neta de \$11,63 billones registrada en 2008 y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, pertenece al grupo de las 37 petroleras más grandes del mundo y es una de las cinco principales de Latinoamérica.

1.3. MISIÓN

Encontramos y convertimos fuentes de energía en valor para nuestros clientes y accionistas, asegurando la integridad de las personas, la seguridad de los procesos y el cuidado del medio ambiente, contribuyendo al bienestar de las áreas donde operamos, con personal comprometido que busca la excelencia, su desarrollo integral y la construcción de relaciones de largo plazo con nuestros grupos de interés.

1.4. VISIÓN

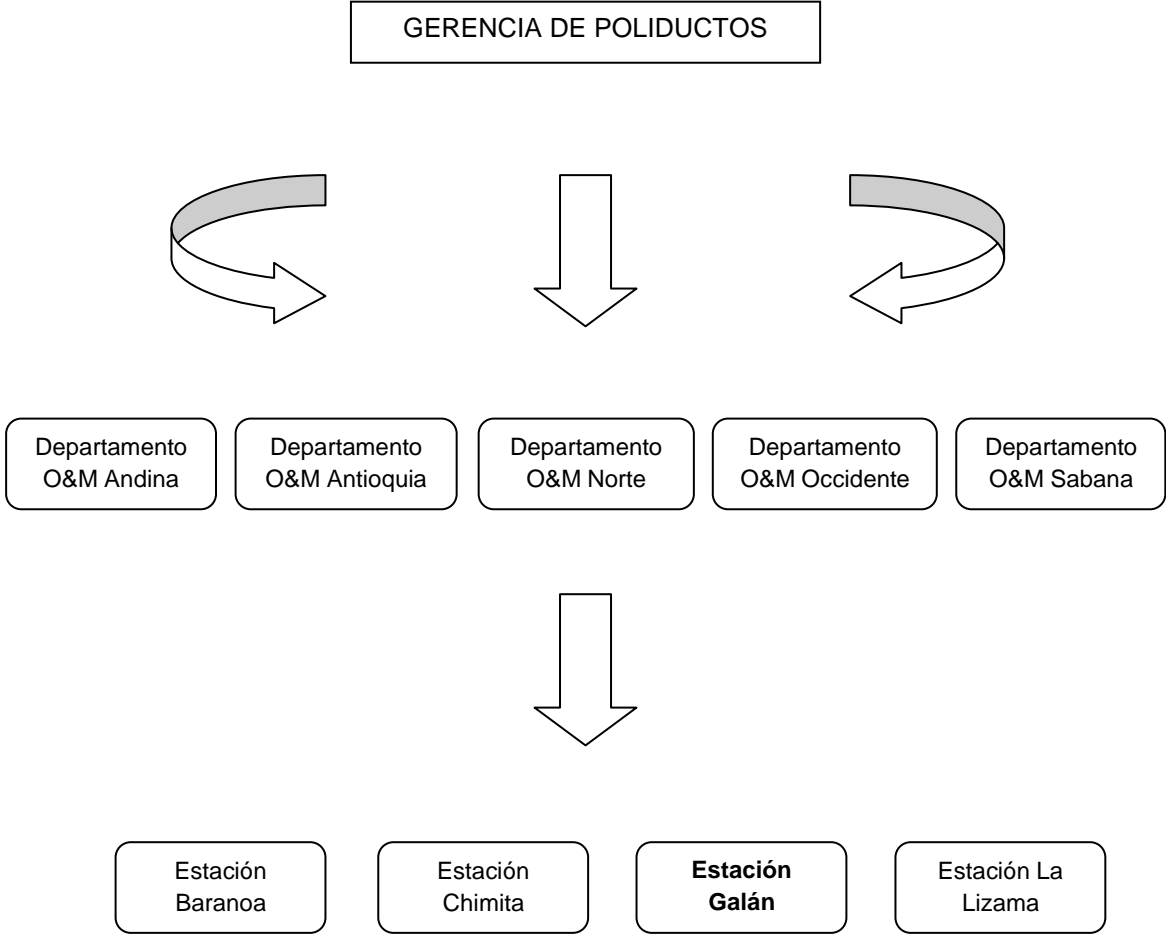
Ecopetrol, grupo empresarial enfocado en petróleo, gas, refinación, petroquímica y combustibles alternativos, será una de las 30 principales compañías de la industria petrolera, reconocida por su posicionamiento internacional, su innovación y compromiso con el desarrollo sostenible.

1.5. ESTRUCTURA DE LA GERENCIA DE POLIDUCTOS DE ECOPETROL S.A.

Ecopetrol S.A. está conformada por una gran cantidad de Gerencias Distribuidas en todo el territorio nacional y nombradas de acuerdo al negocio propio de la

Organización y a su ubicación geográfica dentro del país, tal es el caso de la Gerencia de Poliductos, en la cual se encuentra dividida por Departamentos y a su vez subdividida por Estaciones. En la figura 1 se muestra una simple estructura de la Gerencia de Poliductos de Ecopetrol con el fin de ubicar mejor la Estación Galán, la cual pertenece dentro del alcance del Proyecto.

Figura1. Estructura de la Gerencia de Poliductos de ECOPETROL S.A.



Fuente: Autores de Monografía.

En la figura N° 02 se ilustra la Estación Galán, en la cual se podrá observar la entrada principal los puntos de encuentro y los diferentes recursos que la componen.

Figura 2. Plano de la Estación Galán.



Fuente:<http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=1729&conID=38230&pagID=129927>

2. MARCO TEORICO

2.1. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Las primeras reparaciones surgieron finalizando el siglo XIX, con la necesidad de mecanizar la industria. En esta época el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción, luego de la primera guerra mundial surge la producción en serie, instituida por la compañía *Ford-Motor Company*, desde ese momento las fábricas pasaron a establecer programas mínimos de producción y en consecuencia a sentir la necesidad de crear equipos que pudieran efectuar el mantenimiento en las líneas de producción en el menor tiempo posible (@Mailxmail, 2005)¹.

Figura 3. Posición del mantenimiento hasta la década de 1914.



Fuente: (Tavares, 2001)².

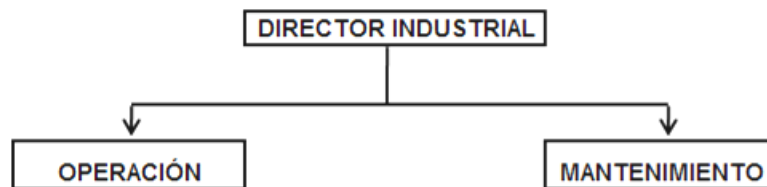
El mantenimiento surge como un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución de reparaciones, hoy conocida como mantenimiento correctivo. Esa situación se mantuvo hasta la década de los años 40, cuando en función de la segunda guerra mundial y de la necesidad de aumentar la rapidez de la producción, preocupó la alta administración industrial no solo en corregir las fallas, sino también en evitar que estas ocurriesen; el personal técnico de

¹ <<http://bdigital.eafit.edu.co/PROYECTO/P658.202CDL925/marcoTeorico.pdf>>, tendrá igual significado en todo el documento.

² <<http://bdigital.eafit.edu.co/PROYECTO/P658.202CDL925/marcoTeorico.pdf>>, tendrá igual significado en todo el documento.

mantenimiento pasó a desarrollar el proceso del mantenimiento preventivo, como una metodología para reducir y evitar las fallas (@Mailxmail, 2005).

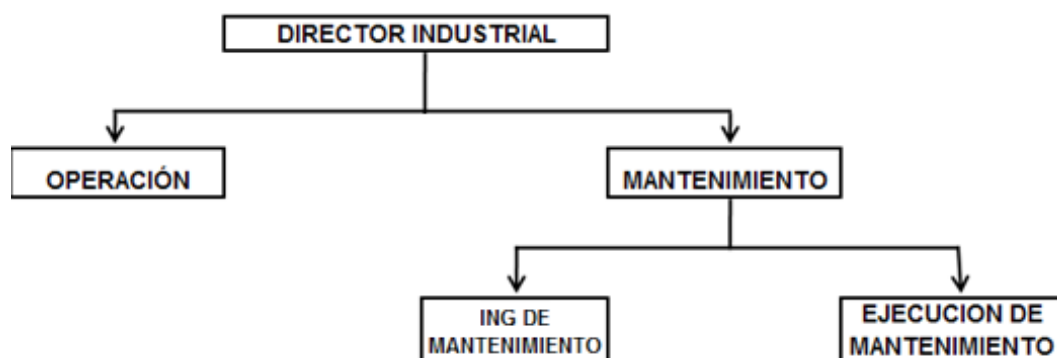
Figura 4. Mantenimiento en las décadas de 1930 y 1940



Fuente: (Tavares, 2001).

El desarrollo que experimento la industria para atender las necesidades de la *post*guerra a mediados de los años 50's, la revolución de la aviación comercial y los inicios de la industria electrónica, fueron suficiente para que los gerentes de mantenimiento se dieran cuenta de que el tiempo de parada de la producción, para diagnosticar las fallas, eran mayor, que la ejecución de la reparación; este acontecimiento da lugar a la selección de un equipo de especialistas como órgano de asesoramiento para la producción, que se llamó "Ingeniería de Mantenimiento" y recibió los cargos de planear, controlar y analizar causas, efectos de las averías (@Mailxmail, 2005).

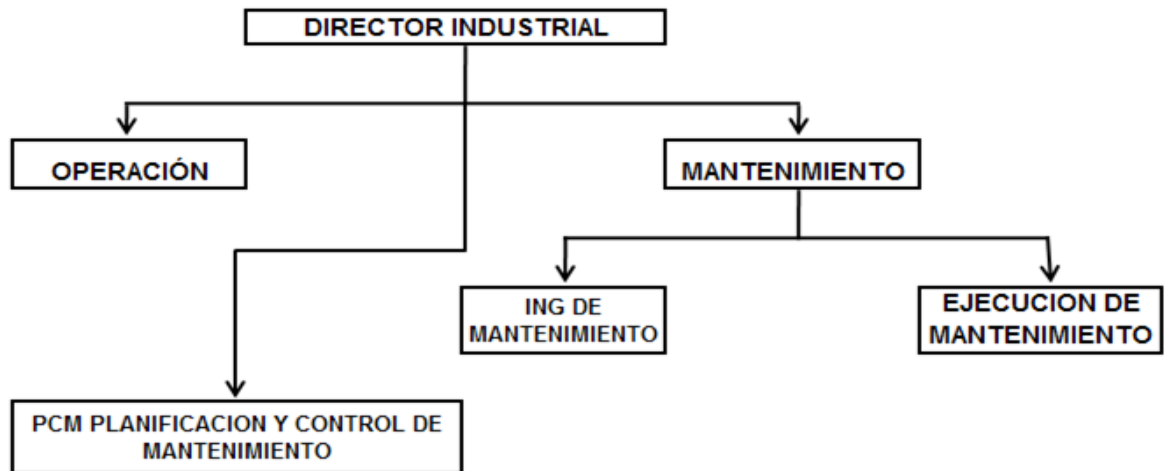
Figura 5. Ingeniería de mantenimiento en los años 1950



Fuente: (Tavares, 2001).

A partir de 1966 con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento, creadas al final del periodo anterior, y la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento pasa a desarrollar criterios de predicción o previsión de fallas, optimizando la actuación de los equipos de ejecución para el mantenimiento. Esos criterios, conocidos como mantenimiento predictivo o preventivo, fueron asociados a métodos de planeamiento y control de mantenimiento.

Figura 6. Subdivisión de ingeniería del mantenimiento en el año 1966

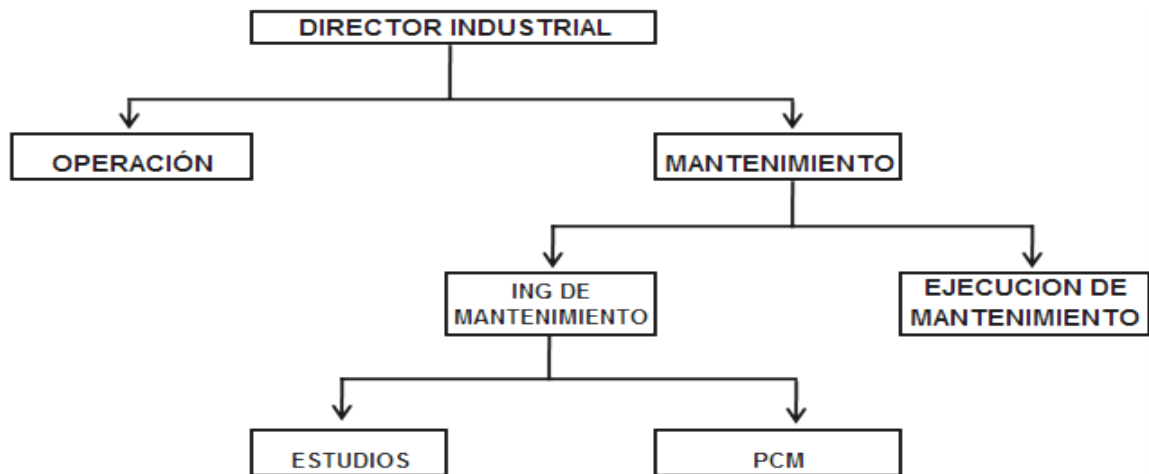


Fuente: (Tavares, 2001).

Con el desarrollo de las computadoras personales a costos reducidos y lenguaje simple a mediados de los 80`s, los órganos de mantenimiento pasaron a desarrollar y procesar sus propios programas eliminando los inconvenientes de la dependencia de disponibilidad humana y de equipos; de esta manera atender las prioridades de procesamiento de la información a través de una computadora central. Sin embargo, es recomendable que esas computadoras sean asociadas a una red, posibilitando que su información quede disponible para los demás órganos de la empresa y viceversa. En ciertas empresas esta actividad se volvió tan importante que el PCM (Planificación y Control del Mantenimiento) pasó a convertirse de un órgano de asesoramiento a supervisión general de producción.

Las actividades de mantenimiento pasaron a ser un elemento importante en el desempeño de los equipos, debido a las exigencias de incremento de calidad de los productos y servicios hechas por los consumidores. (Tavares, 2001).

Figura 7. Subdivisión de la empresa y área de mantenimiento a partir de 1980

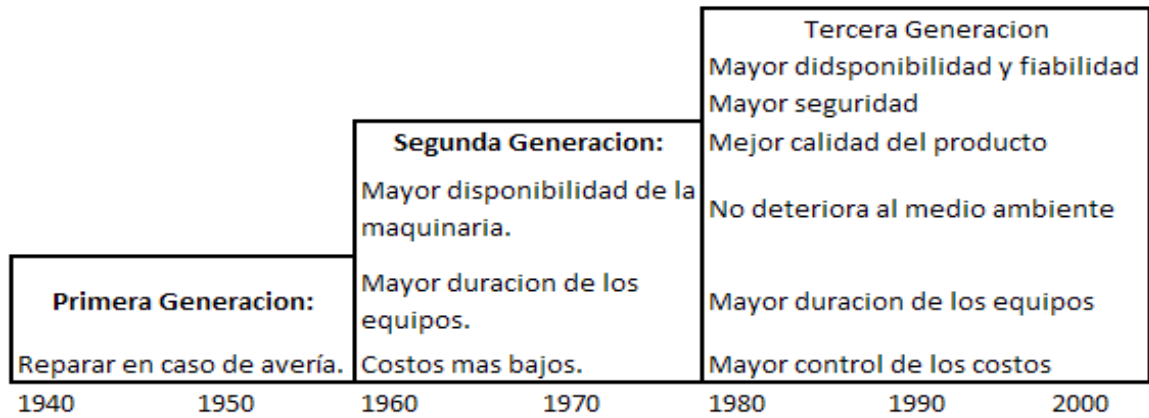


Fuente: (Tavares, 2001).

Desde su inicio la tarea que hoy denotamos como mantenimiento es considerada una actividad difícil y engorrosa de realizar debido a las limitaciones propias del ser humano. En la actualidad es una realidad totalmente diferente debido a que se han invertido los papeles, ahora es más valorado el cuidado colocado a los equipos y al producto que se obtienen de ellos que a la mano de obra especializada utilizada para producirlo.

Históricamente el mantenimiento ha sido una actividad empírica basada en experiencia práctica del día a día y considerada como generadora de gastos. Se ha demostrado que su conocimiento y aplicación a la casi totalidad de sectores industriales es no solo rentable sino necesaria para mantener la competitividad de las empresas (Fabres Diaz, 1997).

Figura 8. Evolución del mantenimiento



Fuente: Mora Gutiérrez, 2005

Figura 9. Generaciones del mantenimiento

Primera generación Entre 1930 - 1950	Gestión de mantenimiento hacia la máquina.
Segunda generación Entre 1950 - 1960 (aprox.)	Gestión de mantenimiento hacia la producción
Tercera generación Entre 1960 - 1980	Gestión de mantenimiento hacia la productividad
Cuarta generación Entre 1980 - 1999	Gestión de mantenimiento hacia la competitividad
Quinta generación Entre 2000 - 200X	Gestión de mantenimiento hacia la organización e innovación tecnológica industrial.

Fuente: Mora Gutiérrez, 2005.

2.2. LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.

Mantenimiento es una función de la producción, la utilización de los equipos implica desgaste, desbalanceos y vibración, estados que pueden llegar a ser perjudiciales para la operación y la vida de la maquina, por tanto es necesario la intervención de los técnicos para restablecer la condición perdida, no es posible producir sin mantener, o pensar en mantener sin producir, son condiciones complementarias pues precisamente la labor es de mantener la función de operación para la cual se adquieren los equipos.

Cada área en sus procesos conviene con el responsable de mantener los equipos e instalaciones, la administración del mantenimiento va mas allá de estar disponibles todos los recursos asignados y manejados, es la congregación de la administración de equipos e instalaciones presente en los niveles decisorios de la organización, juega un rol protagónico para el giro del negocio. El criterio técnico está presente en el manejo de la empresa, la administración debe ser muy hábil y fuerte en la programación y planificación, no olvidando que “tal malo es pretender controlar lo que nunca se planeo, como planear y no controlar lo planeado”.

Se presentan para la organización empresarial y en este caso la técnica 4 roles y funciones con su nivel de responsabilidad: ejecución, supervisión, gestión y visión, en su razón equivalente a técnico, tecnólogo, ingeniero y nivel de ciencia. Ingeniería es la planeación de la aplicación de la teoría de la ciencia, es convertir de la teoría en cosas útiles, mantenimiento es la labor permanente de conservar las cosas.

Técnica es el arte u oficio para la realización de la tarea, tecnólogo es la dirección de la aplicación de la tarea, ingeniería es la planeación de la utilización de la teoría de la ciencia y ciencia es la teorización o formulación de un fenómeno de la naturaleza. Lleva a entender el concepto de ingeniería de mantenimiento como la utilización de a teoría para conservar la utilidad de las cosas, la función. El departamento de mantenimiento identifica las funciones del mecanismo de cada máquina pues “mantenimiento mantiene lo que el diseñador diseña”.

La estructura mental del ejecutor del mantenimiento va más allá a la simple intervención o reparación del mecanismo, conocer la incidencia de su trabajo para la organización empresarial es fundamental, así el barrendero prepare la instalaciones con un nivel de estética y seguridad para él, los clientes y sus compañeros, así el herramientero preservar en estado de trabajo cada instrumento que tiene para su responsabilidad, el pintor preserve las instalaciones y equipos, el lubricador piensa no en gastar aceite sino disminuir al máximo la fricción y el

contacto perjudicial de los mecanismo. Cada profesional deberá ser el Gerente de su puesto³.

2.3. MODOS DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.

Entendemos por Gestión del mantenimiento, la realización de diligencias encaminadas a determinar, organizar y administrar los recursos del mantenimiento, con el objeto de lograr la más alta Disponibilidad de los equipos con sano criterio Económico⁴.

La Gestión puede realizarse científicamente o en forma improvisada:

Tabla 1. Tipos de Gestión.

GESTIÓN PLANIFICADA	CIENCIA
GESTIÓN INTUITIVA	ARTE

Fuente: Material de Clase, Gerencia de Mantenimiento 2013.

La siguiente clasificación que se hacen sobre las diferentes formas de Gestión del Mantenimiento

Tabla 2. Modos de Gestión del mantenimiento.

Modos de Gestión del Mantenimiento	Característica Principal
1. Mantenimiento Correctivo	Una Acción
2. Mantenimiento con Proyecto	Ingeniería de Proyectos
3. Mantenimiento Preventivo	Una filosofía
4. Mantenimiento Predictivo	Una tecnología
5. Mantenimiento Basado en Condición	Una tecnología
6. Mantenimiento Productivo Total	Una Estrategia
7. Mantenimiento centrado en Confiabilidad	Una estrategia y táctica Ingenieril
8. Mantenimiento Total	Un Ideal

Fuente: Material de Clase, Gerencia de Mantenimiento 2013.

³ TAMAYO, Carlos Mario. Gestión de Mantenimiento. Gerencia del Mantenimiento Bucaramanga.

⁴ GONZALEZ, Carlos Ramón, Modos de Gestión de Mantenimiento, Gerencia del Mantenimiento Bucaramanga.

2.4 NORMA ISO DIS 14224:2006.

La norma ISO 14224:2006 es una herramienta metodológica que sirve para registrar eventos y experiencias, aplicando conceptos conocidos, con límites y jerarquías pre establecidos mediante un proceso estructurado en forma secuencial y limitado en las posibilidades de calificación, y ponderación de los eventos de mantenimiento.

Establece el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) como estrategia fundamental que corresponde a una metodología de análisis sistemática, objetiva y documentada, que puede ser aplicada a cualquier tipo de instalación industrial; útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento, analiza cada sistema y cómo estos pueden fallar funcionalmente, los efectos de cada falla son clasificados de acuerdo con el impacto en la seguridad de los sistemas, la mano de obra y el medio ambiente, la operación y el costo.

El objetivo principal es que los esfuerzos de mantenimiento deben ser dirigidos a mantener la función que realizan los equipos más que los equipos mismos. Es la función desempeñada por una máquina lo que interesa desde el punto de vista productivo, esto implica que no se debe buscar tener los equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar bien su función, también implica que se deben conocer con gran detalle las condiciones que la interrumpen o dificultan.

Dentro del entorno de aplicación de esta metodología se trabajan bajo los siguientes criterios:

- CLASES DE EQUIPO
- SISTEMA
- SUB SISTEMA
- ÍTEM MANTENIBLE (COMPONENTE DE DETALLE) (en un grado último de división, opcional).

Esta división es primordial y de la mayor importancia debido a que permite definir cómo se tratará a los equipos, respecto a la posterior interpretación de los resultados; y luego cómo se asociarán los registros de operación y mantenimiento, de modo de contar con metodologías sencillas de análisis (y la aplicación de software avanzados si amerita), los registros de mantenimiento deben relacionarse con cada nivel dentro de la jerarquía del equipo a fin de que puedan compararse.

CLASES DE EQUIPOS: A partir de la estructura presentada por la norma ISO/DIS 14224:2004, acorde a un orden de jerarquía, se establecen cuales son las clases de equipos (siendo este el nivel más alto) se las puede asociar a Funciones; cada una en su contexto operacional; entendiendo por Función, de acuerdo con la definición de RCM, a las razones por las cuales un equipo existe dentro del proceso. Acorde al glosario definimos como Clase a un determinado tipo de Equipo, que para la norma son los siguientes:

SISTEMA: Bajo los conceptos de RCM / FMEA, y así lo toma la norma ISO/DIS 14224:2004, se considera sistema a un conjunto que realiza una función específica, en un Servicio determinado dentro del proceso, pudiéndose identificar una entrada y una salida incluyen todos los equipamientos disponibles para la operación de los mismos y, en general, comparten muy pocas partes con otros sistemas.

SUB SISTEMA: Son aquellos equipos que posibilitan que el sistema realice su función operativa y se pueden dividir por sus funciones específicas, todo equipo calificado como sub sistema que falle, afecta directamente al sistema por ejemplo, el Control, Monitoreo e Instrumentación, pueden considerarse como sub sistema.

ITEM MANTENIBLE (componente de detalle): La unidad final de la división es el Ítem mantenible (COMPONENTE), entendiendo como tal a las partes de los Equipos sobre las cuales es necesario realizar Acciones de Mantenimiento, con el objeto de alcanzar la Confiabilidad deseada, analizado desde otro punto de vista,

Ítem Mantenible es aquella parte en que su Falla Crítica, Incipiente o por Degradación, provoca una pérdida de la capacidad del Sistema (calificadas en los Modos de Falla ISO), para que continúe operando dentro de las condiciones especificadas o determinadas para un Proceso.

2.5. SISTEMA DE GESTIÓN DE BASES DE DATOS

Un Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD) es un conjunto de programas que permiten el almacenamiento, modificación y extracción de la información en una base de datos, además de proporcionar herramientas para añadir, borrar, modificar y analizar los datos. Los usuarios pueden acceder a la información usando herramientas específicas de interrogación y de generación de informes, o bien mediante aplicaciones al efecto.

Los SGBD también proporcionan métodos para mantener la integridad de los datos, para administrar el acceso de usuarios a los datos y recuperar la información si el sistema se corrompe. Permite presentar la información de la base de datos en variados formatos. La mayoría de los SGBD incluyen un generador de informes. También puede incluir un módulo gráfico que permita presentar la información con gráficos y tartas.

Hay muchos tipos de SGBD distintos según manejen los datos y muchos tamaños distintos según funcionen sobre ordenadores personales y con poca memoria a grandes sistemas que funcionan en *mainframes* con sistemas de almacenamiento especiales.

Generalmente se accede a los datos mediante lenguajes de interrogación, lenguajes de alto nivel que simplifican la tarea de construir las aplicaciones. También simplifican la interrogación y la presentación de la información. Un SGBD permite controlar el acceso a los datos, asegurar su integridad, gestionar el acceso concurrente a ellos, recuperar los datos tras un fallo del sistema y hacer copias de

seguridad. Las Bases de Datos y los sistemas para su gestión son esenciales para cualquier área de negocio, y deben ser gestionados con esmero⁵.

2.5.1 Sistemas de información en mantenimiento.

Un sistema de información compendia todos los procesos, procedimientos y recursos involucrados en mantenerla organización en funcionamiento, con realimentación a través de su propia producción de información y a través de generación de información externa a ella, ejerciendo control de los parámetros vitales de la misma⁶.

2.5.2 Elementos que componen un Sistema de Información

- Procesos y Procedimientos
- Formatos, flujos y Logística
- Controles y mecanismo de Seguridad
- Estrategias, objetivos y políticas
- Datos e información
- Internet
- Responsables

2.6 MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN MOTORES ELÉCTRICOS.

En la mayoría de los motores y generadores, la vida útil de una bobina del estator depende de la capacidad de la aislación para prevenir fallas.

La necesidad de un rebobinado del estator se determina casi siempre cuando la aislación no puede satisfacer su propósito y no por un problema con los conductores de cobre. Esto surge del hecho que el aislamiento eléctrico tiene un importante contenido orgánico, una temperatura de fusión más baja y una

⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_gesti%C3%B3n_de_bases_de_datos

⁶ PINILLA, Pablo. Sistemas de información en Mantenimiento, Bucaramanga.

resistencia mecánica más baja que el cobre y el acero del núcleo. Entonces, cuando se fabrica una nueva bobina de estator, las normas NEMA MG1 (en USA) e IEC 60034 (en Europa) solicitan varias pruebas en la aislación para asegurar que la bobina del estator alcance una vida útil satisfactoria, típicamente de 20 a 40 años.

Las principales normas que se utilizan hoy en día para el mantenimiento predictivo en Motores Eléctricos son:

2.7 IEEE 286 – VARIACIÓN DE FACTOR DE POTENCIA, TIP-UP (MÁQUINAS NUEVAS Y USADAS)⁷.

La norma IEEE 286 describe el ensayo de variación de factor de potencia (tip-up). Esta es una manera indirecta de medir las descargas parciales existentes en una aislación. Dado que las descargas parciales son un síntoma de varios mecanismos de deterioro, este ensayo indica la presencia de varios procesos. Además de usarse como ensayo de mantenimiento, es también usado por fabricantes como control de calidad para asegurar una correcta impregnación de la resina epoxi o poliéster. La IEEE 286-2000 no cambió la interpretación, pero se alineó con su equivalente IEC 60894.

Objeto y teoría: Todos los materiales aislantes tienen pérdidas dieléctricas que pueden medirse con un ensayo de factor de potencia o ensayo de factor de disipación. A bajas tensiones los resultados no dependen de la tensión de ensayo. Sin embargo, al aumentar la tensión alterna, y si existen huecos en la aislación, a determinado nivel de tensión aparecen descargas parciales. Estas descargas producen calor, luz y sonido que consumen energía. Esta energía debe ser proporcionada por la fuente de ensayo. Por consiguiente, en un bobinado con aislación delaminada, al aumentar la tensión, aparecen descargas

⁷ <<http://www.electromagazine.com.uy/antiores/numero12/mantenimiento.htm>>.

parciales. El factor de disipación y el factor de potencia aumentarán debido a las pérdidas dieléctricas adicionales. Cuanto mayor sea el aumento en el factor de disipación y el factor de potencia, mayor es la energía consumida por las descargas. En este ensayo, el factor de disipación o factor de potencia se mide a un mínimo de tensión. El factor de potencia a baja tensión, FPbt, es un indicador de las pérdidas dieléctricas normales en la aislación. Generalmente se mide a un 20% de la tensión de fase nominal. Luego se aumenta la tensión de ensayo al valor nominal y se mide el FPat. El tip-up resulta:

$$\text{tip-up} = \text{FPat} - \text{FPbt}$$

Cuanto mayor sea el tip-up, mayor es la energía consumida por las descargas parciales. Hay quienes registran estos valores a distintos niveles de tensión y calculan diferentes tip-ups. Graficando el tip-up en función de la tensión es posible determinar la tensión de aparición de las descargas. Históricamente se aplicaba este ensayo a barras y bobinados para ver el grado de impregnación de la aislación. Sin embargo, a partir de los años 50, se aplica a bobinados completos para detectar mecanismos de deterioro que producen descargas parciales. La presencia de capas semiconductoras de control de campo para tensiones superiores a 6 kV complica la medida. A baja tensión esta capa presenta una alta resistencia y no circula corriente, por lo tanto no hay pérdidas en ella. Al aumentar la tensión, la resistencia de la capa disminuye y comienzan a circular corrientes. Estas producen pérdidas y el equipo de ensayo detecta estas pérdidas adicionales. Como a baja tensión esta capa no contribuye con las pérdidas y a alta tensión si, entonces hay contribución al tip-up. En este caso se podrá detectar sólo si la actividad de descargas parciales es importante.

Interpretación: Esta herramienta de mantenimiento se utiliza para ver tendencias. El valor inicial del tip-up en una fase no tendrá relevancia dado que será dominado por el efecto de la capa de control de campo. Al medir a lo largo de los

años, si se detecta un aumento, es indicación de aumento en la actividad de descargas parciales. Las causas más probables de descargas parciales son:

- Deterioro térmico
- Ciclos de carga
- Impregnación defectuosa durante la fabricación

Este ensayo no es muy sensible a barras flojas en la ranura, fallas en la capa semiconductor o tracking en las cabezas de bobina. En estos casos, la actividad de descargas parciales es de baja repetición o el daño está confinado a una zona relativamente pequeña haciendo que la contribución a las pérdidas totales sea pequeña.

2.8 IEEE 522 – ENSAYOS DE IMPULSOS ALTA TENSIÓN PARA AISLACIÓN ENTRE ESPIRAS (MÁQUINAS NUEVAS Y USADAS)⁸

Ninguno de los ensayos anteriores mide directamente la integridad de la aislación entre espiras. El ensayo de impulso descrito en la norma IEEE 522-2004 lo hace aplicando un impulso de tensión relativamente alto entre espiras. Este es un ensayo de alta tensión para la aislación entre espiras y puede perforarla requiriendo reparaciones si ocurre.

Objeto y teoría: Las conmutaciones a las que se ve sometido un motor causan picos de tensión con tiempos de subida muy cortos. Pulsos similares se producen al usar variadores de velocidad y frente a perturbaciones en la línea de alimentación. Estos tiempos de subida rápidos producen distribuciones de tensión no uniformes en el bobinado. Si el tiempo de subida es muy corto, el pico de tensión es alto y la aislación es débil, se puede producir una perforación que termina en una falta a tierra.

⁸ <http://www.electromagazine.com.uy/antiores/numero11/predictivo3.htm>

En ese aspecto este ensayo es similar a los de alta tensión en alterna y continua: se aplica una alta tensión y se observa si la aislación falla. Este es un ensayo destructivo. Al igual que en otros ensayos, la pregunta es si debemos hacerlo.

El aspecto complicado de este ensayo es poder determinar si se produce una perforación en la aislación. En los ensayos de alta tensión continua y alterna eso se ve porque la resistencia de aislación baja a cero.

Una perforación entre espiras no produce este efecto ya que representa una porción pequeña del total de la aislación. El defecto se detecta porque se produce un cambio en la impedancia del circuito y por consiguiente la frecuencia de resonancia se ve alterada.

El ensayo consiste en cargar un condensador con tensión continua y luego descargarlo abruptamente. Durante el ensayo se producen oscilaciones, al ser un circuito LC. Si se produce una perforación, la inductancia del bobinado disminuirá y por consiguiente la frecuencia aumentará.

Método de ensayo: La norma IEEE 522 describe los ensayos de aceptación y de mantenimiento. La norma se está revisando para contemplar los nuevos equipos digitales de prueba. Como ensayo de aceptación se especifica un tiempo de subida de 100 ns y una magnitud máxima de 3.5 por unidad, donde un 1 por unidad es la tensión de pico nominal de fase. Para el ensayo de mantenimiento se mantiene el mismo tiempo de subida pero se reduce el pico a 2.6 por unidad. Si se produce una perforación durante el ensayo, será necesaria una reparación.

Interpretación: Este es un ensayo pasa-no pasa y no se tiene información de diagnóstico.

2.9 IEEE 1434 - DESCARGAS PARCIALES (MÁQUINAS NUEVAS Y USADAS)⁹

La norma IEEE 1434 es una nueva guía de ensayo que apareció en el año 2000. La norma describe ensayos con máquina fuera de servicio y con máquina en servicio. Este ensayo mide directamente los pulsos de corriente que aparecen como consecuencia de descargas parciales en el bobinado. Cualquier proceso de deterioro que genere descargas parciales como síntoma, será detectado por este ensayo. Este ensayo es significativo para tensiones nominales por encima de 2300 V.

Esta norma describe varios métodos de ensayo:

- Ensayo con máquina fuera de servicio en el estator completo.
- Ensayo con sensor de efecto corona para localización.
- Ensayo con sensor ultrasónico para localización.
- Visualización a oscuras o con sensor ultravioleta para localización.
- Ensayo con máquina en servicio.

Los primeros cuatro ensayos se hacen con la máquina fuera de servicio y con parte de la misma desarmada. El último de ellos se hace con la máquina en servicio. Estos ensayos requieren la participación de un experto.

Objeto y teoría: Muchas de las fallas en los bobinados presentan descargas parciales como síntoma del proceso. Cuando se produce una descarga parcial hay un flujo de electrones desde una cara interna del hueco hacia la otra. La velocidad de la descarga es muy alta y se producen pulsos de muy corta duración, del orden de nanosegundos. Al transportar carga se produce un pulso

⁹ <http://www.electromagazine.com.uy/antiores/numero11/predictivo3.htm>

de corriente. Cada pulso de corriente ocurre en un lugar determinado de la aislación.

Métodos de ensayo: En el ensayo con máquina fuera de servicio se requiere una fuente de alimentación. Para máquinas grandes ya vimos que la potencia necesaria puede ser importante. Para los ensayos con máquina en servicio la propia máquina genera la tensión de ensayo (alternador) o la proporciona la red de alimentación (motor).

Interpretación: La medida de las descargas parciales consiste en medir su amplitud. Se utilizan distintas unidades:

- Pico culombios (pc) si se dispone de un calibrador. Esta es una medida de la cantidad aparente de electrones involucrados en la descarga.
- Milivoltios (mv), cuando la amplitud se mide generalmente con osciloscopios.
- Miliamperios (ma) si los pulsos se miden con un transformador de alta frecuencia.
- Decibeles (dbm) si se mide con un analizador de frecuencia.

No existe una magnitud de medida normalizada. La magnitud del pulso detectada en los bornes depende de varios factores:

- El tamaño del defecto. En general, cuanto mayor es el volumen del defecto mayor es el pulso.
- La capacidad del bobinado. Si la capacidad es alta, la impedancia a tierra a altas frecuencias será baja. La mayor parte del pulso de corriente se deriva a tierra llegando muy atenuado al borne de salida.

- La inductancia entre el origen de la descarga y el equipo de medida. El pulso se atenuará a lo largo del bobinado. Generalmente cuanto mayor es el recorrido menor será la magnitud del pulso detectado.

Estos factores hacen difícil definir una gran amplitud de descarga como indicación de defecto grave. Este ensayo es un ensayo de comparación. Se puede determinar cuál es la fase con mayor amplitud de descargas y como consecuencia la de mayor deterioro. También se pueden comparar máquinas similares entre si. Finalmente, se pueden comparar resultados en una misma máquina a lo largo del tiempo. El diagnóstico basado en esta técnica requiere de un especialista y la información que se puede obtener es muy valiosa. Es posible inferir cuan extendido está el defecto o incluso alguna localización y el tipo de defecto

2.10 IEEE 43 – RESISTENCIA DE AISLACIÓN E ÍNDICE DE POLARIZACIÓN (IP) IEEE 43-2000. (MÁQUINAS NUEVAS Y USADAS)¹⁰.

Este es sin duda el ensayo más ampliamente utilizado para diagnóstico de estatores de motores y generadores. El mismo determina problemas de contaminación en los bobinados. La resistencia de aislación y el índice de polarización se han usado por más de 70 años. Ambos ensayos se realizan con el mismo instrumento, y a la vez. La última revisión de la norma IEEE 43 fue en 1974.

El ensayo de resistencia de aislación mide la resistencia de la aislación eléctrica entre los conductores de cobre y el núcleo del estator. Idealmente esta resistencia es infinita, pero en la realidad tiene un valor finito. Generalmente, cuanto menor es el valor de la resistencia, mayor es la probabilidad de que exista un problema.

¹⁰ <http://www.electromagazine.com.uy/antiores/numero11/predictivo3.htm>

Por otro lado, la medida del índice de polarización (IP) es una variante del ensayo de resistencia de aislación. El IP es la relación entre las medidas de resistencia de aislación a los 10 minutos (R10) y a 1 minuto (R1) de aplicada la tensión de ensayo. Es decir: $IP = R10/R1$.

Un IP bajo indica que el bobinado puede estar contaminado con aceite, suciedad, etc. o húmedo. En el ensayo se aplica un valor alto de tensión continua entre los conductores y el núcleo. A continuación se mide la corriente I_t que circula. La resistencia de aislación (R_t) en el instante t es: $R_t = V/I_t$, donde V es la tensión continua aplicada e I_t es la corriente total medida luego de t minutos.

Se hace referencia al tiempo t porque la corriente generalmente no es constante. Esto es así pues existen cuatro corrientes que circulan al aplicar una tensión continua a la aislación del estator de un motor:

Corriente capacitiva: Cuando se aplica una tensión continua a un condensador, circula una alta corriente de carga al principio y luego decae exponencialmente. El tamaño del condensador y la resistencia interna de la fuente de continua determinan la velocidad de decaimiento de la corriente. El bobinado de un motor puede tener una capacidad total de 100 nF. La corriente decae a cero en menos de 10 segundos. Esta corriente capacitiva no brinda ninguna información que sirva para el diagnóstico y por eso se mide la resistencia de aislación una vez que ésta desaparece.

Corriente de conducción: Esta corriente se debe a los electrones e iones que migran a través de la aislación entre el cobre y el núcleo. Esta corriente circula si la aislación ha absorbido humedad, lo que puede suceder en sistemas de aislación termoplástica antiguas o en aislaciones modernas si han estado expuestas a la acción de agua por tiempo prolongado. Esta corriente también está presente si hay fisuras, cortes, orificios y existe contaminación que permita la circulación de corriente. Esta corriente es constante en el tiempo. En aislaciones

modernas esta corriente es nula si no hay fisuras, dado que los electrones e iones no pueden moverse a través de resinas epoxi con mica. Aislaciones antiguas asfálticas con mica tienen corrientes de conducción dado que absorben humedad. Cuando esta corriente es importante es indicación de problemas.

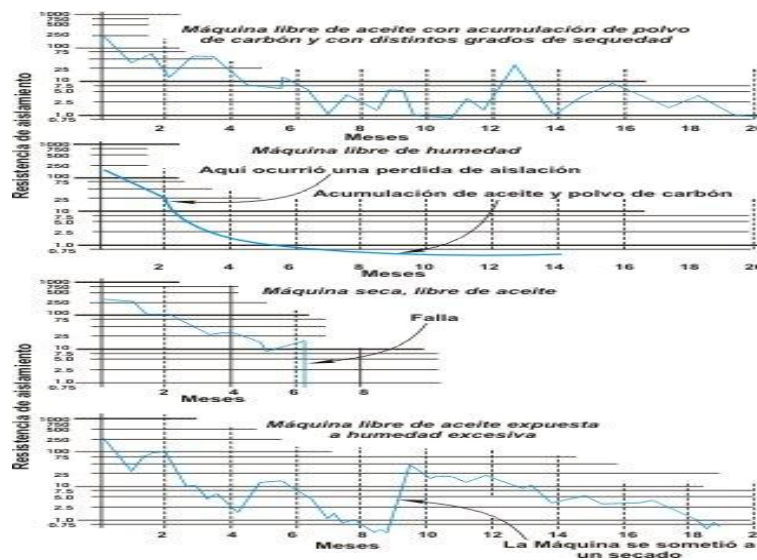
Corriente de fuga superficial: Esta es una corriente continua constante que circula por la superficie de la aislación. Está causada por contaminación parcialmente conductora (aceite o humedad junto con polvo, suciedad, cenizas, químicos, etc.). En el caso ideal esta corriente es nula. Si esta corriente es grande es probable que exista un deterioro en la superficie.

Corriente de absorción: Esta corriente se debe a una reorientación de las moléculas polares presentes, al aplicarse un campo eléctrico de continua. Muchos materiales aislantes contienen moléculas polares que tienen un campo eléctrico interno debido a la distribución de los electrones dentro de la molécula. Un ejemplo es el agua. Cuando se aplica un campo eléctrico a través del agua, sus moléculas se alinean. La energía requerida para esta alineación la proporciona la corriente de la fuente de tensión continua. Una vez que las moléculas están todas alineadas la corriente se hace cero. En el asfalto, la mica, el poliéster y la resina epoxi existen moléculas polares. En la práctica se ve que inicialmente la corriente de absorción es grande al principio y decae con el tiempo luego de unos minutos, como si se tratara de un circuito RC. Esta corriente, al igual que la capacitiva, no es indicio de nada bueno ni malo, es simplemente una propiedad de los materiales aislantes.

La corriente total I_t es la suma de todas estas corrientes. Por desgracia, ninguna de estas corrientes individuales se puede medir directamente. Las corrientes de interés para el diagnóstico de la aislación son la corriente de fuga y la de conducción. Si sólo se mide R_1 (resistencia a 1 minuto), la corriente de absorción todavía tiene un valor importante. Sin embargo, si la corriente total es

suficientemente baja, R1 puede considerarse satisfactoria. Desafortunadamente, la medida de R1 exclusivamente, ha demostrado ser poco confiable dado que no se puede tener una tendencia a lo largo de la vida útil de la máquina. Esto se debe a que la resistencia de aislación es fuertemente dependiente de la temperatura. Un aumento de 10°C en la temperatura puede reducir entre 5 y 10 veces el valor de R1. Lo que es peor aún es que el efecto de la temperatura es diferente en los distintos materiales aislantes y depende también de la contaminación. A pesar de que la norma IEEE 43 proporciona fórmulas y tablas de corrección para la temperatura, se admite que no son confiables para extrapolaciones mayores a 10°C. El resultado es que cada vez que se mide la resistencia de aislación R1 a diferentes temperaturas se obtiene un valor diferente. Esto hace imposible definir un límite para R1 en un rango de temperaturas amplio. También es imposible observar tendencias a lo largo del tiempo a menos que la medida se haga siempre en las mismas condiciones.

Figura 10. Comportamiento típico de resistencia de aislación en un período de varios meses bajo condiciones variables de operación (curvas trazadas con las lecturas puntuales de un instrumento Megger).



Fuente: <http://www.electromagazine.com.uy/antiores/numero12/mantenimiento>

El índice de polarización (IP): Se desarrolló para hacer la interpretación más independiente de la temperatura. El IP es la relación entre la resistencia de aislación en dos instantes diferentes. Si se asume que R10 y R1 se miden a la misma temperatura, lo cual es razonable de suponer, el factor de corrección de temperatura es prácticamente el mismo y se cancela al hacer el cociente. Por lo tanto, el IP es relativamente insensible a la temperatura. Más aún, el IP nos permite usar la corriente de absorción como una medida para ver si las corrientes de fuga y de conducción son excesivas. Si estas corrientes son mucho mayores que la de absorción, el índice será cercano a uno. La experiencia muestra que si esto sucede hay posibilidades de descargas superficiales (tracking). Por otro lado, si las corrientes de fuga y de conducción son bajas respecto a la de absorción a un minuto, el IP será mayor que 2 y es improbable que exista tracking. Por lo tanto, si podemos ver un decaimiento en la corriente total en el intervalo entre 1 y 10 minutos, esto se debe a la corriente de absorción (dado que la de fuga y la de conducción son constantes) y además la de fuga y la de conducción son menores.

.Tabla 3. Tensión continua de ensayo sugerida

Tensión nominal del motor (V)	Tensión continua de ensayo de resistencia de aislación (V)
<100	500
1000-2500	500-1000
2501-5000	1000-2500
5001-12000	2500-5000
>12000	5000-10000

Fuente:<http://www.electromagazine.com.uy/antiores/numero12/mantenimiento>

Interpretación: Que un resultado sea bueno o malo dependerá de la naturaleza de la aislación. Hasta el 2000, los valores mínimos de resistencia de aislación y los rangos de IP eran prácticamente los mismos para todo tipo de aislación. Sin

embargo, en aislaciones modernas y en buen estado, prácticamente no existe corriente de conducción. Es posible encontrar valores de R1 prácticamente infinitos, mayores que 100 Gohm. Con esos valores es difícil tener cálculos de IP representativos. Esos valores de R1 no se encuentran en aislaciones previas a 1970. Por lo tanto, el técnico de mantenimiento deberá conocer el material aislante antes de hacer una interpretación de resultados.

Tabla 4. Valores mínimos recomendados para la resistencia de aislación a 40°C (valores en Mohm) e índice de polarización.

RESISTENCIA DE AISLACIÓN MÍNIMA	MÁQUINA BAJO ENSAYO
R1 min = kV+1	La mayoría de bobinados fabricados antes de 1970, bobinados de campo y otros no descriptos más abajo
R1 min = 100	Para bobinados fabricados posteriormente a 1970
R1 min = 5	Para bobinados con tensión nominal inferior a 1 kV

TIPO DE AISLAMIENTO	IP MÍNIMO
Clase A	1.5
Clase B	2.0
Clase F	2.0
Clase H	2.0

Fuente: <http://www.electromagazine.com.uy/antiores/numero12/mantenimiento>

La tabla 4 resume cómo interpretar los valores de resistencia de aislación e IP. La frontera entre aislaciones antiguas y modernas se fijó en 1970 aunque esto es arbitrario.

Notar en esta tabla:

- Si R1 es inferior al mínimo, no se debe someter al bobinado a ningún ensayo de alta tensión o restablecerlo al servicio porque la probabilidad de falla es alta. Obviamente si los antecedentes indican valores históricamente bajos para una determinada máquina es probable que se pueda retornar al servicio sin problemas.
- El mínimo para R1 es corrigiendo a 40°C. Desafortunadamente no es válida una corrección mayor que 10 - 20°C.
- El mínimo aceptable para R1 es mucho menor para estatores antiguos que para los nuevos y depende de la clase de tensión.
- Para motores modernos del tipo *form wound stators*, si se mide una R1 muy alta (más de 5 Gohm), el IP no aportará ningún dato acerca del estado de la aislación. Es posible ahorrar tiempo de ensayo terminándolo luego del primer minuto de aplicada la tensión.
- Si la resistencia de aislación o el IP están por debajo del mínimo en un estator moderno, esto indica que existe contaminación o humedad excesiva.
- Si se obtiene un alto IP en un estator antiguo existe la posibilidad que la aislación haya sufrido un deterioro térmico. Esto sucede porque el deterioro térmico cambia fundamentalmente la naturaleza de la aislación y por consiguiente su corriente de absorción.

Notas:

- La resistencia de aislación a 1 minuto es la mínima recomendada, en Mohm, a 40 °C, ensayando el bobinado completo de la máquina.
- 2 - kV es la tensión de línea nominal de la máquina en kV eficaces.

En general, los ensayos de resistencia de aislación e IP son medios excelentes para determinar la existencia de contaminación o humedad. Por supuesto que también son útiles para la detección de fallas importantes donde se han producido

fisuras o cortes en la aislación. En estatores preformados que usan sistemas de aislación termoplástica, los ensayos también pueden detectar deterioro térmico. Lamentablemente no existe evidencia que indique que estos ensayos permitan detectar barras flojas en ranuras.

2.11 IEEE 95 – ALTA TENSIÓN CONTINUA (MÁQUINAS NUEVAS Y USADAS)¹¹

Objeto y teoría: La norma IEEE 95-2002 describe el método de ensayo y sugiere tensiones de ensayo para el ensayo de alta tensión continua. Este ensayo es un ensayo pasa-no pasa que permite detectar problemas importantes que probablemente causen una falla en servicio. La versión anterior de la IEEE 95 fue publicada en 1977. La mayor diferencia entre un ensayo de alterna y uno de continua es la tensión aplicada y la distribución de tensiones en la aislación.

Durante los años 50 se investigó bastante en la relación existente entre las tensiones de ensayo en alterna y continua. Básicamente se llegó a un consenso y se determinó que la tensión de ruptura en continua es 1.7 veces mayor que la tensión eficaz de ruptura en alterna. Esta relación se normalizó en la IEEE 95. Estas investigaciones se basaron en aislaciones antiguas y no se aplica correctamente en aislaciones modernas. Existen pocos trabajos de investigación en aislaciones nuevas en este tema. Uno de los trabajos más importantes indica que esa relación es de 4.3 en aislaciones epoxi-mica. El factor 1.7 no sigue siendo válido pero al no haber estudios completos sobre la repetibilidad de esos valores no se ha propuesto ningún cambio del factor en la nueva versión de la IEEE 95.

Métodos de ensayo: Existen diversos métodos para el ensayo de alta tensión continua. La mayoría están reflejados en la IEEE 95 y la versión del 2002 muestra

¹¹ <http://www.electromagazine.com.uy/antiores/numero11/predictivo3.htm>

una nueva variante de ensayo llamada ensayo con tensión en rampa. Las distintas variantes reducen el riesgo de falla durante el ensayo y dan alguna información útil para diagnóstico. Para todas las variantes de ensayo la decisión crítica es la máxima tensión de ensayo. Se sugiere que la tensión del ensayo de mantenimiento sea el 75% del de aceptación.

Las normas NEMA MG1 e IEC 60034 especifican que la tensión continua del ensayo de aceptación sea 1.7 veces la de alterna calculada mediante la fórmula $2E+1$ kV, donde E es la tensión eficaz nominal de línea.

El ensayo de alta tensión continua no envejece la aislación dado que las descargas parciales difícilmente ocurren en continua. Por lo tanto, si una máquina pasa este ensayo satisfactoriamente, la aislación no sale deteriorada por el ensayo.

Ensayo convencional: En el ensayo convencional se conecta al bobinado una fuente de alta tensión continua apropiada. La tensión se aumenta rápidamente hasta el valor de ensayo y se mantiene durante 1 o 5 minutos. Posteriormente se reduce la tensión rápidamente y se conecta el bobinado a tierra. Si la aislación está en buen estado no habrá ningún cambio brusco en la corriente. Si las protecciones de la fuente actúan, seguramente se produjo una perforación en la aislación. Esta es una indicación de falla y la aislación deberá ser reparada. Este ensayo convencional proporciona poca información de diagnóstico aunque es posible medir la corriente al minuto o a los 5 minutos y observar las tendencias a lo largo de la vida útil de la máquina. Un aumento en la corriente puede indicar contaminación.

Ensayo de alta tensión escalonada (desvío de la ley de Ohm): Una variante es usar la misma fuente del ensayo anterior e incrementar la tensión gradualmente en escalones iguales o distintos. Por ejemplo, la tensión continua puede incrementarse en escalones de 1 kV manteniendo cada escalón durante 1 minuto antes de volver a aumentar. Se mide la corriente al final de cada escalón (a esa

altura la corriente capacitiva bajó a cero) y se grafica corriente versus tensión. En el caso ideal, la gráfica será una línea con una leve curvatura hacia arriba. Sin embargo, hay veces en las que la corriente aumenta abruptamente por encima de determinada tensión. Esta puede ser la indicación de que la aislación está próxima a perforarse. El operador debe actuar rápidamente y abortar el ensayo. La experiencia indica que la advertencia es factible si el problema se encuentra en las cabezas de bobina pero no se tiene ninguna advertencia si la falla está en la ranura. Una aplicación cuidadosa de este ensayo permite evitar una falla durante el mismo. Si la tensión a la cual se detectó la inestabilidad es menor que la de servicio, existe un alto riesgo al retornar la máquina al servicio sin hacer reparaciones.

Ensayo con rampa de tensión: Una tercera variante del ensayo es llamada rampa de tensión. En este caso la tensión continua se aumenta suave y linealmente a una velocidad constante, generalmente 1 o 2 kV/minuto. No existen escalones discretos de corriente ni tensión. Se grafica automáticamente la corriente versus la tensión. Al aumentar la tensión en forma de rampa, la corriente capacitiva es una corriente constante que puede despreciarse, lo que no se podía hacer en el ensayo escalonado. La principal ventaja es que es por lejos el método más sensible para detectar cuándo se produce una inestabilidad, dado que la corriente de carga capacitiva no cambia con el tiempo. Por consiguiente, este ensayo es el que mejor permite al operador evitar una perforación.

Interpretación: Fundamentalmente el ensayo de alta tensión continua no es un ensayo de diagnóstico que indique el estado de la aislación. Más bien es un ensayo pasa-no pasa, donde la aislación está en buen estado si pasa y en condiciones de deterioro importante si falla. Sin embargo, la corriente medida puede dar una indicación cualitativa de la condición. En particular, si la corriente en un determinado escalón de tensión aumenta progresivamente a lo largo de los años, es una indicación de que la resistencia de aislación está disminuyendo y la

aislación se está humedeciendo o contaminando. Sin embargo, debe tenerse cuidado al estudiar las tendencias, dado que la corriente es fuertemente dependiente de la temperatura y humedad.

2.12 VIBRACIÓN MECÁNICA EN EQUIPOS ROTATIVOS – ISO 10816¹².

Establece las condiciones y procedimientos generales para la medición y evaluación de la vibración, utilizando mediciones realizadas sobre partes no rotativas de las máquinas. El criterio general de evaluación se basa tanto en la monitorización operacional como en pruebas de validación que han sido establecidas fundamentalmente con objeto de garantizar un funcionamiento fiable de la máquina a largo plazo. Esta norma reemplaza a las ISO 2372 e ISO 3945, que han sido objeto de revisión técnica. Este estándar consta de cinco partes:

- **Parte 1:** Indicaciones generales.
- **Parte 2:** Turbinas de vapor y generadores que superen los 50 MW con velocidades típicas de trabajo de 1500, 1800, 3000 y 3600 RPM.
- **Parte 3:** Maquinaria industrial con potencia nominal por encima de 15 kW y velocidades entre 120 y 15000 RPM.
- **Parte 4:** Conjuntos movidos por turbinas de gas excluyendo las empleadas en aeronáutica.
- **Parte 5:** Conjuntos de máquinas en plantas de hidrogenación y bombeo (únicamente disponible en inglés).

Este nuevo estándar evalúa la severidad de la vibración de maquinaria rotativa a través de mediciones efectuadas en planta en partes no giratorias de las mismas. Engloba y amplía los estándares citados anteriormente.

Los criterios de vibración de este estándar se aplican a un conjunto de máquinas con potencia superior a 15 kW y velocidad entre 120 RPM y 15.000 RPM. Los

¹² <<http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/normativa/iso10816.html>>.

criterios son sólo aplicables para vibraciones producidas por la propia máquina y no para vibraciones que son transmitidas a la máquina desde fuentes externas. El valor eficaz (RMS) de la velocidad de la vibración se utiliza para determinar la condición de la máquina. Este valor se puede determinar con casi todos los instrumentos convencionales para la medición de vibración.

Se debe prestar especial atención para asegurar que los sensores estén montados correctamente y que tales montajes no degraden la precisión de la medición. Los puntos de medida típicamente son tres, dos puntos ortogonales en la dirección radial en cada caja de descanso y un punto en la medición axial.

Las mediciones deben realizarse cuando el rotor y los descansos principales han alcanzado sus temperaturas estacionarias de trabajo y con la máquina funcionando bajo condiciones nominales o específicas (por ejemplo de velocidad, voltaje, flujo, presión y carga).

En máquinas con velocidad o carga variable, las mediciones deben realizarse bajo todas las condiciones a las que se espera que la máquina trabaje durante períodos prolongados de tiempo. Los valores máximos medidos, bajo estas condiciones, serán considerados representativos de la vibración. Si la vibración es superior a lo que el criterio permite y se sospecha de excesiva vibración de fondo, las mediciones se deben realizar con la máquina detenida para determinar el grado de influencia de la vibración externa. Si con la máquina detenida excede el 25% de la vibración medida con la máquina operando, son necesarias acciones correctivas para reducir el efecto de la vibración de fondo.

En algunos casos el efecto de la vibración de fondo se puede anular por análisis espectral o eliminando las fuentes externas que provocan las vibraciones de fondo.

La severidad de la vibración se clasifica conforme a los siguientes parámetros:

- Tipo de máquina.
- Potencia o altura de eje.
- Flexibilidad del soporte.

Las significativas diferencias en el diseño, tipos de descanso y estructuras soporte de la máquina, requieren una división en grupos. Las máquinas de estos grupos pueden tener eje horizontal, vertical o inclinado y además pueden estar montados en soportes rígidos o flexibles.

- **Grupo 1:** Máquinas rotatorias grandes con potencia superior 300 kW. Máquinas eléctricas con altura de eje $H \geq 315$ mm.
- **Grupo 2:** Máquinas rotatorias medianas con potencia entre 15 y 300 kW. Máquinas eléctricas con altura de eje $160 \leq H \leq 315$ mm.
- **Grupo 3:** Bombas con impulsor de múltiples álabes y con motor separado (flujo centrífugo, axial o mixto) con potencia superior a 15 kW.
- **Grupo 4:** Bombas con impulsor de múltiples álabes y con motor integrado (flujo centrífugo, axial o mixto) con potencia superior a 15 kW.

Clasificación según la flexibilidad del soporte: Si la primera frecuencia natural del sistema máquina-soporte en la dirección de la medición es mayor que su frecuencia principal de excitación (en la mayoría de los casos es la frecuencia de rotación) en al menos un 25%, entonces el sistema soporte puede ser considerado rígido en esa dirección. Todos los otros sistemas soportes pueden ser considerados flexibles. En algunos casos el sistema máquina-soporte puede ser considerado rígido en una dirección de medición y flexible en la otra dirección.

Por ejemplo, la primera frecuencia natural en la dirección vertical puede estar sobre la frecuencia principal de excitación mientras que la frecuencia natural horizontal puede ser considerablemente menor. Tales sistemas serían rígidos en

el plano vertical y flexible en el plano horizontal. En estos casos, la vibración debe ser evaluada de acuerdo a la clasificación del soporte que corresponda en la dirección de la medición.

Evaluación

- **Zona A:** Valores de vibración de máquinas recién puestas en funcionamiento o reacondicionadas.
- **Zona B:** Máquinas que pueden funcionar indefinidamente sin restricciones.
- **Zona C:** La condición de la máquina no es adecuada para una operación continua, sino solamente para un período de tiempo limitado. Se deberían llevar a cabo medidas correctivas en la siguiente parada programada.
- **Zona D:** Los valores de vibración son peligrosos, la máquina puede sufrir daños.

Tabla 5. Severidad de la vibración según la norma ISO 10816-3.

Velocidad	in/s rms		mm/s rms										
	10-1000 Hz r > 600 rpm	2-1000 Hz r > 120 rpm											
	0,43	11											
	0,28	7,1											
	0,18	4,5											
	0,14	3,5											
	0,11	2,8											
	0,09	2,3											
	0,06	1,4											
	0,03	0,71											
			Base	Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	Rígida	Flexible
			Tipo de máquina				Bombas > 15 kW flujo radial, axial o mixto		Tamaño medio 15 kW < P ≤ 300 kW		Grandes máquinas 300 kW < P < 50 MW		
			Motor integrado		Motor separado		Motores 160 mm ≤ H < 315 mm		Motores 315 mm ≤ H				
			Grupo		Grupo 4		Grupo 3		Grupo 2		Grupo 1		

A	Máquina nueva o reacondicionada	C	La máquina no puede operar un tiempo prolongado
B	La máquina puede operar indefinidamente	D	La vibración está provocando daños

Fuente: <http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/normativa/iso10816.html>

2.13 CÓDIGOS QR.

Un código QR (*quick response code*, «código de respuesta rápida») es un módulo útil para almacenar información en una matriz de puntos o un código de barras bidimensional creado por la compañía japonesa Denso Wave, subsidiaria de Toyota, en 1994. Inicialmente los códigos QR se usaron para identificar las piezas de los coches en fase de producción.

Se caracteriza por los tres cuadrados que se encuentran en las esquinas y que permiten detectar la posición del código al lector. La sigla «QR» se deriva de la frase inglesa Quick Response (Respuesta Rápida en español), pues los creadores (Joaco Retes y Euge Damm) aspiran a que el código permita que su contenido se lea a alta velocidad. Los códigos QR son muy comunes en Japón y de hecho son el código bidimensional más popular en ese país, aunque hoy en día su uso más extendido está en el ámbito de los servicios.

Centrándonos en estos últimos, los QR Code, existen dos estándares, el japonés JIS X 0510 creado por la JIS y distribuido en enero de 1999; y el correspondiente estándar de la ISO, ISO/IEC 18004 aprobado en junio de 2000 y revisado en 2006 (ISO/IEC 18004:2006). En 1999 Denso Wave, la empresa que los había patentado, permitió que se pudieran utilizar libremente sin hacer usos de los derechos.

El éxito probado del QR Code se debe precisamente por ser éstos un estándar abierto y que su decodificación puede realizarse con cualquier teléfono móvil con cámara sin ser importante la calidad de ésta. Además, como indica su nombre, presentan una gran velocidad de respuesta.

A partir del 2003, en Japón comenzaron a emplearse como etiquetas en las que la gente podía leer con sus dispositivos móviles información relacionada con productos, servicios y eventos. Actualmente el crecimiento se ha quedado algo estancado, sobre todo en Europa, pero en 2010 se han notado algunos tímidos

repuntes en el uso de estos códigos. Este crecimiento está estrechamente relacionado con los desarrollos de aplicaciones que están haciendo importantes empresas de las telecomunicaciones y también por parte de los operadores de telefonía móvil para intentar salvar algunos de los obstáculos que éstos dispositivos presentan. Uno de los problemas de los móviles es que resulta engorroso e incómodo introducir datos o cadenas de texto. Por ejemplo, teclear una URL es un proceso lento y muy dado al error. Por esa razón, los códigos bidimensionales resultan tan interesantes como puente para unir el mundo físico y el mundo virtual. A través de la lectura de un código bidimensional se puede configurar de forma automática una conexión a una página web¹³.

2.13.1 Marco conceptual códigos QR.

Un código QR es una matriz o conjunto de códigos en 2D con una elevada capacidad para almacenar información de diferente naturaleza. El código QR, en comparación con el código de barras convencional, tiene las siguientes características:

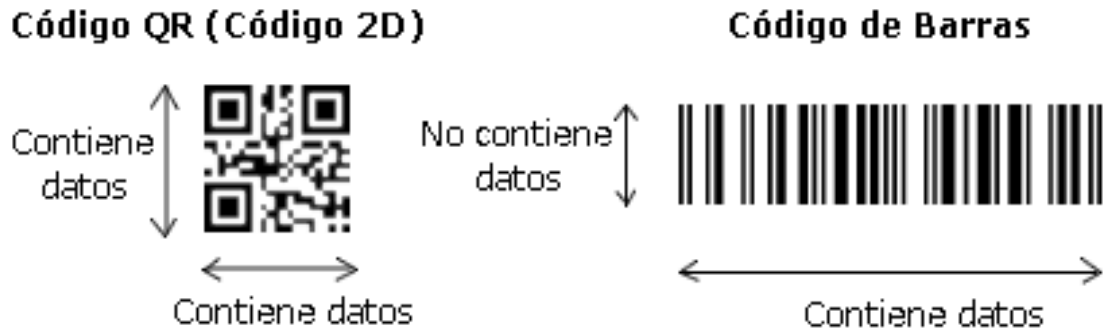
Figura 11. Código QR.



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_QR

¹³ Juan E. Pardo Froján, Antonio García Lorenzo, *Aplicación de los códigos Bidimensionales QR (Quick Response) en la prestación de los Servicios de Mantenimiento y Asistencia Técnica. 5th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management XV Congreso de Ingeniería de Organización Cartagena, 7 a 9 de Septiembre de 2011*

Figura 12. Código QR frente a un código de barras

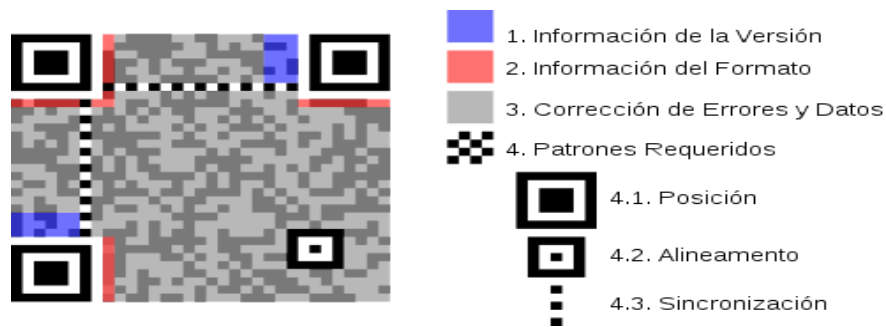


Fuente: Imagen tomada de la página de www.Denso-Wave.com

2.13.2 Características Generales de los Códigos QR.

Los tres cuadrados de las esquinas permiten detectar al lector la posición del código QR.

Figura 13. Características de los Códigos QR.



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_QR

Aunque inicialmente se usó para registrar repuestos en el área de la fabricación de vehículos, hoy los códigos QR se usan para administración de inventarios en una gran variedad de industrias. La inclusión de software que lee códigos QR en teléfonos móviles, ha permitido nuevos usos orientados al consumidor, que se manifiestan en comodidades como el dejar de tener que introducir datos de forma

manual en los teléfonos. Las direcciones y los URLs se están volviendo cada vez más comunes en revistas y anuncios . El agregado de códigos QR en tarjetas de presentación también se está haciendo común, simplificando en gran medida la tarea de introducir detalles individuales de un nuevo cliente en la agenda de un teléfono móvil.

Los códigos QR también pueden leerse desde PC, Smartphone o tableta mediante dispositivos de captura de imagen, como puede ser un escáner o la cámara de fotos, programas que lean los datos QR y una conexión a Internet para las direcciones web.

Un detalle importante sobre el código QR es que, a diferencia de otros formatos de códigos de barras bidimensionales como el BIDI, su código es abierto y sus derechos de patente (propiedad de Denso Wave) no son ejercidos.

2.13.3 Almacenamiento

Tabla 6. Capacidad de Datos del Código QR

Capacidad de datos del código QR	
Solo numérico	Máx. 7.089 caracteres
Alfanumérico	Máx. 4.296 caracteres
Binario	Máx. 2.953 bytes
Kanji/Kana	Máx. 1.817 caracteres

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_QR

Tabla 7. Capacidad de Corrección de Errores

Capacidad de corrección de errores	
Nivel L	7% de las claves se pueden restaurar
Nivel M	15% de las claves se pueden restaurar
Nivel Q	25% de las claves se pueden restaurar
Nivel H	30% de las claves se pueden restaurar

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_QR

2.13.4 Etiquetado Móvil.

Es el proceso de proporcionar los datos leídos de etiquetas para su visualización en dispositivos móviles, comúnmente codificados en un código de barras bidimensional, utilizando la cámara de un teléfono con cámara como el dispositivo lector. El contenido del código de la etiqueta es por lo general un URL de información dirigida y accesible a través de Internet.

Figura 14. Etiquetado Móvil.



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_QR.

3. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CÓDIGOS QR PARA LA GESTIÓN DOCUMENTAL DE LA INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES

3.1 APLICACIÓN DEL DISEÑO METODOLÓGICO.

Figura 15. Mapa Mental para la Implementación de Códigos QR.



Fuente: Director de Proyecto.

3.2 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR MPPMGAL00110.

De la información de mantenimiento contenida del motor seleccionado para el proyecto, se recopiló los registros que hacen parte del anexo A - D, documentos obtenidos de las actividades programadas y realizadas por el departamento de mantenimiento de la planta Galán en los últimos periodos; ya que la dispersión de los registros entre departamentos no permitió tener de primera mano la información histórica.

Los registros de mantenimiento, son el factor fundamental para la toma de decisiones por el departamento respecto a la planeación y programación del tipo de mantenimiento a aplicar, para esto emplean el software ELLIPSE donde se programan todas las actividades a realizar, en este software finalmente alimentan los datos cuando se realizó la actividad (comúnmente todos los software adoptan esta función), pero no existe ningún mecanismo posterior al análisis del mantenimiento realizado y no existe un seguimiento eficaz que evite que las posibles desviaciones encontradas en el equipo lleguen a la falla, esto es posible, por la ausencia de tener a primera mano la información real, actualizada y a tiempo de la maquina.

3.2.1 Identificación de las características Técnicas del Equipo.

Tabla N° 8. Especificaciones técnicas del Equipo.

Marca: Siemens	Código Empresa: 3420	Tipo motor: Electrico	No. de serie: D79300540-05	Clase de Aislamiento: F	
Potencia: 1500 KW / 2000 HP	Fases: 3F	Tensión: 6000V	Amperios 168 A	RPM: 3585	Hz: 60

Fuente: Manual del Equipo ECOPETROL S.A.

Figura N° 16. Motor Eléctrico MPPMGAL00110.



Fuente: Autores de Monografía

3.2.2 Recopilación en orden Cronológico las actividades de Mantenimiento Realizados al Equipo.

En los anexos del A al D, se ilustran los documentos respectivos que fueron objeto de organizar y centralizar para la aplicación de este proyecto, el cual se establece el historial de mantenimiento desde el año 2010 hasta la fecha.

En esta recopilación se evidenció que, faltan registros del equipo que logren completar su historial, por tanto, la gestión documental del departamento de mantenimiento es precaria y no permite hacer un seguimiento consiente que impida la ocurrencia de problemas durante el funcionamiento del motor.

Se evidenció, que en los reportes de las actividades programadas en ELIPSE no son completas y tampoco existe coherencia entre fechas de planeadas, programadas y ejecutadas, solo se limita a establecer los tiempos de mano de obra durante la ejecución de la actividad lo cual permitió la aplicación eficaz de este proyecto.

3.3 DISEÑO DE PLATAFORMA WEB PARA CENTRALIZAR LA INFORMACIÓN OBTENIDA.

La plataforma utilizada para la aplicación del uso de códigos QR, se realizó a través de la página web de la empresa LEOTECNICAS LTDA, en la siguiente figura, se ilustra el portal inicial de la web.

Figura 17. Pagina Web LEOTECNICAS LTDA.

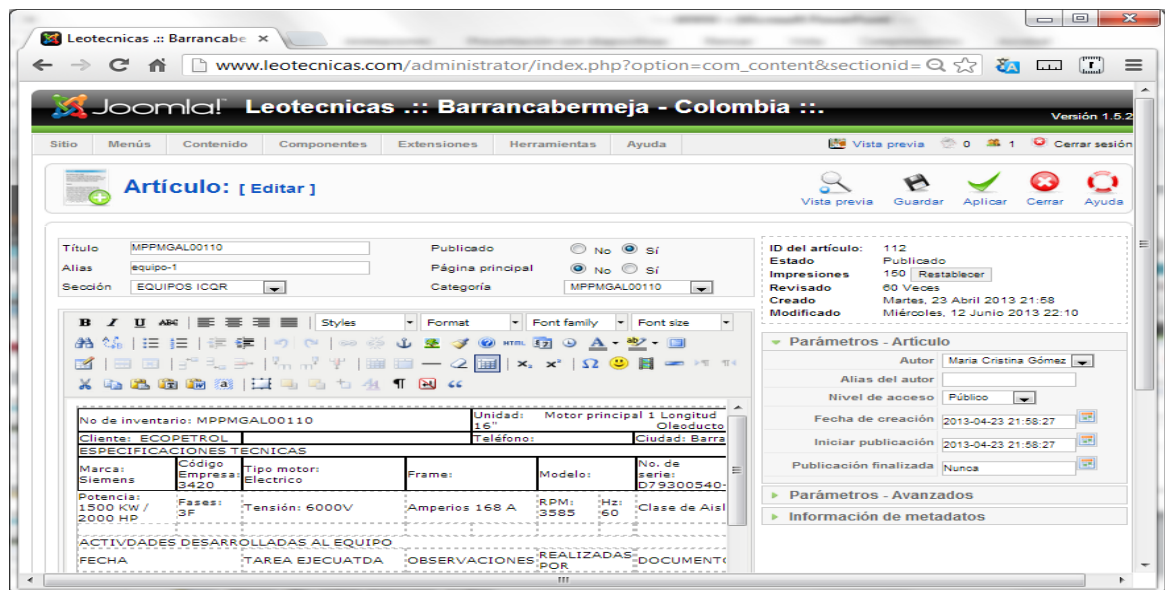
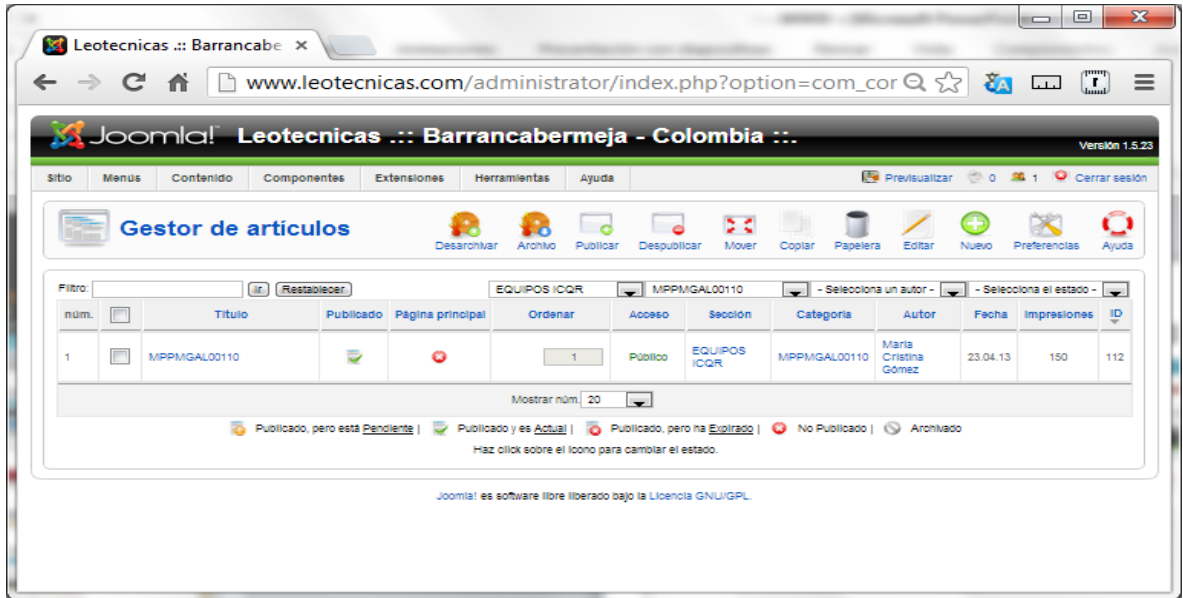
INICIO DE SESION EN SERVIDORES SEGUROS



Fuente: Autores de Monografía.

En figura 17 y 18, se ilustra el diseño los perfiles de los equipos en modo administrador, el cual permite crear y documentar la información ordenada del equipo utilizado, como también, se pueden crear más ítems, de acuerdo a la necesidad.

Figura 18. Creación de perfiles a equipos Administración



Fuente: Autores de Monografía.

3.4 DISEÑO Y ELABORACIÓN DE HOJA DE VIDA DEL EQUIPO EN PAGINA WEB.

Figura 19. Datos del equipo MPPMGAL00110

No de inventario: MPPMGAL00110		Unidad: Motor principal 1 Longitud 16"		Oleoducto
Galán - Sebastopol		Teléfono:		Ciudad: Barrancabermeja
ESPECIFICACIONES TECNICAS				
Marca: Siemens	Código Empresa: 3420	Tipo motor: Electrico	Frame:	Modelo:
No. de serie: D79300540-05				
Potencia: 1500 KW / 2000 HP				
Fases: 3F	Tensión: 6000V	Amperios 168 A	RPM: 3585	Hz: 60
Clase de Aislamiento: F				

Fuente: Autores de Monografía.

3.5 OBTENCIÓN DEL CÓDIGO LINK DE LA WEB EN www.leotecnicas.com.

El código obtenido del link, están de acuerdo a los datos descritos en la figura 24, donde finalmente se recopiló la información de acuerdo a los datos ordenados de los registros históricos de las actividades ejecutadas al equipo objeto del proyecto.

http://leotecnicas.com/index.php?option=com_content&view=article&id=112&Itemid=103

Figura 20. Link de la página web de LEOTECNICAS LTDA.

MPPMGAL00110						
No de inventario: MPPMGAL00110				Unidad: Motor principal 1 Longitud 15'		Creado
Cliente: COPETROL				Teléfono:		Ciudad: Barrancabermeja
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS						
Marcas: Siemens	Código Empresa: 3425	Tipo motor:	Eléctrico	Frame:	Modelo:	No. de serie: 079300540005
Potencia: 1500 KW / 2000 HP	Fases: 3F	Tensión: 6000V		Amperios 165 A	RPM: 3555	Hc: 60
ACTIVIDADES DESARROLLADAS AL EQUIPO			OBSERVACIONES	REALIZADAS POR	DOCUMENTOS	
FECHA	TAREA EJECUTADA					
20/08/2012	VERIFICAR AISLAMIENTO MOTOR/ACOMETIDA				07930054000530JUNIO 2012	
29/04/2012	VERIFICAR AISLAMIENTO MOTOR/ACOMETIDA					
25/02/2012	VERIFICAR AISLAMIENTO MOTOR/ACOMETIDA					
03/01/2012	VERIFICAR AISLAMIENTO MOTOR/ACOMETIDA				07930054000526ENERO 2012	
19/11/2011	VERIFICAR AISLAMIENTO MOTOR/ACOMETIDA					
21/10/2011	ANALISIS BASADO EN CONDICION				PREINFORME-WG-SCP-GALAN-TEMV-02enformavibraciones	
02/09/2011	VERIFICAR AISLAMIENTO MOTOR/ACOMETIDA					
01/07/2011	VERIFICAR AISLAMIENTO MOTOR/ACOMETIDA				0793005400051JULIO 2011	
05/05/2011	PVO 60 DIAS VERIFIC AISLAMIENTO MOTOR					
05/04/2011	PVO 60 DIAS VERIFIC AISLAMIENTO MOTOR					
15/03/2011	ANALISIS DE VIBRACIONES				07930054000501JULIO 2011	
01/02/2011	PVO 60 DIAS MOTOR PRAL UM DESPACHO L1E					
01/02/2011	PVO 60 DIAS MOTOR PRAL UM DESPACHO L1E					
01/02/2011	PVO 360 DIAS MONITOREO - TERMOGRAFIA					
01/02/2011	PVO 60 DIAS VERIFIC AISLAMIENTO MOTOR					
01/02/2011	PVO 60 DIAS VERIFIC AISLAMIENTO MOTOR					
14/09/2010	VERIFICAR AISLAMIENTO MOTOR/ACOMETIDA					
09/08/2010	PVO 60 DIAS MOTORES ELECTRICOS(VERAC)					
22/10/2010	ANALISIS BASADO EN CONDICION				Escriba PREINFORME-WG-SCP-GALAN-TEMV-02 22 10 2010.doc	
03/07/2010	VERIFICAR AISLAMIENTO MOTOR/ACOMETIDA					
21/05/2010	VERIFICAR AISLAMIENTO MOTOR/ACOMETIDA					
23/02/2010	Montaje y pruebas a Motor				Escriba PREINFORME-WG-SCP-GALAN-ROT-006 23 10 2010.doc	

Fuente: Autores de Monografía.

3.6 IMPLEMENTACIÓN DEL CÓDIGO QR

A través de la pagina web: www.codigos-qr.com/generador-de-codigos-qr/, se implementó el código a utilizar para el equipó empleado para este proyecto como se ilustra en la figura N° 21.

Figura 21. Pagina Web para Generar el Código QR

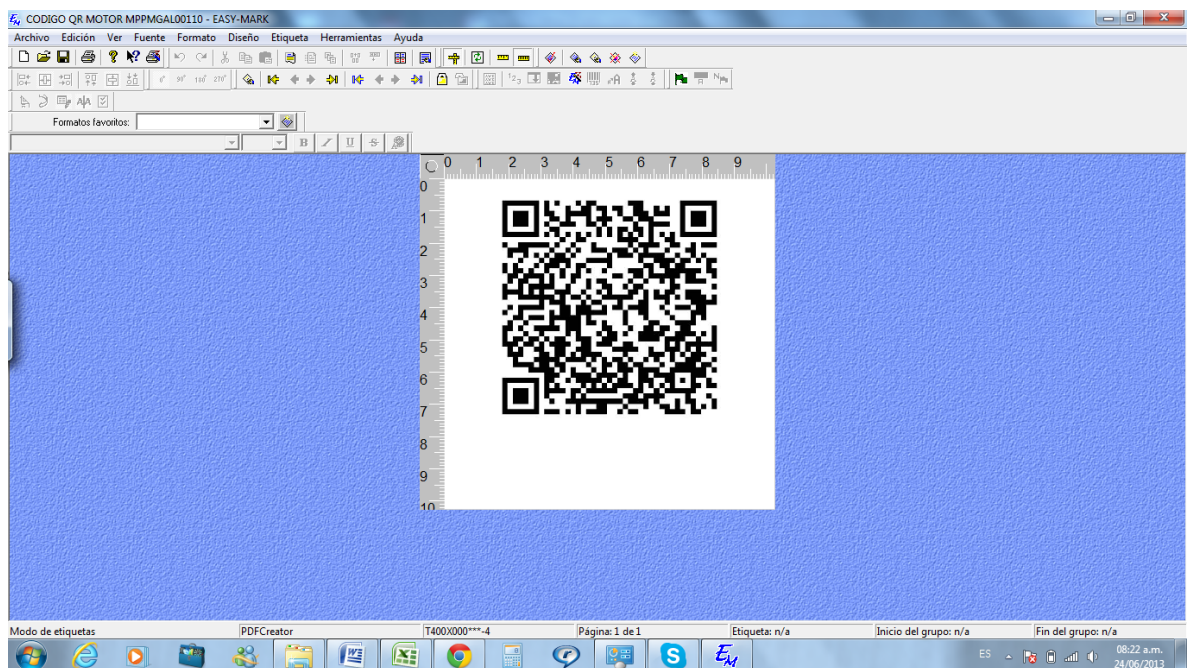


Fuente: www.codigos-qr.com/generador-de-codigos-qr/.

3.7 IMPRESIÓN DEL CÓDIGO QR DEL LINK OBTENIDO DE LA PÁGINA WEB.

En la Figura 22, se ilustra la obtención del código listo para imprimir en la impresora tipo industrial, donde el software EASY MARK, permite este tipo de aplicaciones y la impresión obtenida garantiza la aplicación para ambientes agresivos y su duración es prolongada.

Figura 22. Software para impresión térmica



Fuente: Autores de la monografía.

Figura 23. Código QR generado para el equipo



Fuente: www.codigos-qr.com/generador-de-codigos-qr/.

3.8 IMPLANTAR EL CÓDIGO QR EN EL EQUIPO.

El código obtenido, se instaló en el equipo objeto del proyecto, donde se puede visualizar a través de dispositivos móviles como: Smartphone, Tablet, etc., que mediante la aplicación SCAN LIFE lector de códigos QR se puede obtener la pagina web donde se recopiló la información y de esta manera gestionar la información de mantenimiento de forma adecuada, teniendo de primera mano todos los registros de los mantenimientos aplicados, con fechas reales y permitiendo el acceso a través de estos dispositivos a los archivos soportados en el historial de mantenimiento.

Figura 24. Toma de lectura con smartphone



Fuente: Autores de Monografía.

Otro dispositivo a emplear es: el capturador de datos automáticos ref: BHT-1200Q-CE de la marca: DENSO WAVE, que está diseñado para permitir de manera segura la obtención de los datos contenidos en el código QR y su uso se proyecta a nivel industrial como la herramienta mas idónea para la visualización y acceso a los archivos contenidos de los equipos industriales.

Figura 25. Capturador de Datos Automático Marca DENSO – WAVE.



Fuente: <http://www.denso-wave.com/en/adcd/index.html>

3.9 CAPACITACIÓN PARA LA TOMA DE LECTURA DEL CÓDIGO IN SITU CON APOYO DE EQUIPOS TECNOLÓGICOS.

Dentro del alcance de la capacitación, esta simplemente el establecimiento de los pasos para acceder al portal mediante la impresión o toma del código instaurado en el equipo, para esto se usa la herramienta SCAN LIFE (en este caso es la aplicación disponible) a través de un SMARTPHONE, de esta manera se puede acceder a los hipervínculos agregados de cada registro de las actividades realizadas durante el periodo 2010 hasta la fecha. Por tratarse de una aplicación sencilla, el termino capacitación es simplemente mostrar las bondades de la aplicación y los alcances que se pueden tener a nivel de gestión documental, que en este caso, aplica para la gestión de mantenimiento de los equipos industriales en particular el motor de la planta de gas - Planta Galán de la empresa ECOPETROL S.A.

CONCLUSIONES

- El uso de los códigos QR, permiten de manera rápida obtener cualquier clase de información correspondiente a la gestión de la información de mantenimiento de equipos industriales, como inspecciones, mantenimientos preventivos, predictivos, monitoreo de condición, análisis de aceite, análisis de vibraciones, análisis termograficos; en fin, a cualquier información pertinente a la gestión de mantenimiento.
- A través de este proyecto, podemos lograr que la gestión de mantenimiento se realice de manera óptima, ya que la información de las actividades registradas durante el ciclo de utilización de equipo permiten tomar decisiones rápidas que garantizan una mejor utilización de éstos.
- Se concluye que la falta de un mecanismo centralizado para el manejo de la información de mantenimiento, que permita que la planeación y programación de mantenimiento a través del software ERP, CMMS, u otros para la gestión de mantenimiento, apunten a una toma de decisiones más acertadas y no se enfoquen solo en el factor humano (horas hombres empleadas en las actividades) y costos de mantenimiento.
- La versatilidad del uso de estos códigos, permite organizar información de alto nivel, que va desde el aspecto alfa-numérico, hasta gráfico; permite igualmente el acceso a la información mediante formatos HTML en modo Administrador, para acceder a los registros y formatos de registros que son utilizables en los departamentos de mantenimiento de las empresas que dependen de esto para gestionar sus activos de forma adecuada.

- Con el uso de los códigos QR, facilitamos la aplicación del numeral 4.4.6 de la norma PAS 55 respecto a la gestión de la información de activos físicos

RECOMENDACIONES

- Este tipo de tecnologías, debe implementarse lo más rápido posible en los equipos industriales, donde se puede obtener de primera mano la información relevante del equipo, las actividades realizadas durante su ciclo de utilización y la información de los técnicos que atendieron la necesidad, como también de los costos generados.
- A través de los dispositivos móviles se puede lograr la eliminación del papel que posteriormente de cada actividad ejecutada se van a archivos físicos que ocupan espacio en las oficinas del departamento de mantenimiento, que mediante la aplicación de un modo usuario desde una central tecnológica con el uso de servidores, se puede gestionar la información de mantenimiento de empresas grandes y su información se mantendrá respaldada de seguridad y confiabilidad en la obtención en tiempo real e inmediato de los datos requeridos para tomar decisiones acertadas.
- Las empresas de gran tamaño deben implementar como estrategia la descentralización para la gestión documental en el aspecto de la información de mantenimiento, ya que esto permite que un ente responsable y dedicado gestione la información liberada por toda la actividad de mantenimiento dentro de la gestión en las organizaciones.

BIBLIOGRAFÍA

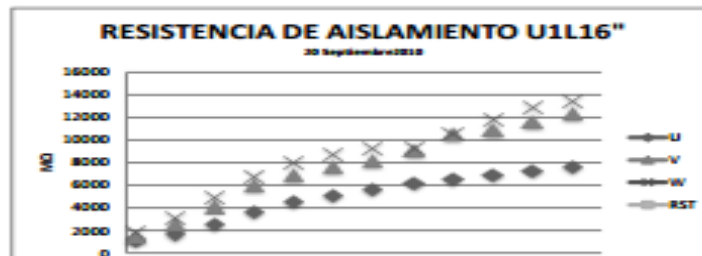
- **MARTINEZ CABIELES, Cesar Augusto**, entrevista personal, Barrancabermeja Abril 20 del 2012.
- **PARDO FROJÁN, Juan E. GARCÍA LORENZO, Antonio** Aplicación de los códigos Bidimensionales QR (Quick Response) en la prestación de los Servicios de Mantenimiento y Asistencia Técnica. *5th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management XV Congreso de Ingeniería de Organización Cartagena, 7 a 9 de Septiembre de 2011.*
- **STEIVER MONTOYA, Silva**, entrevista personal, Abril 25 del 2012.
- **THE INSTITUTE OF ASSET MANAGEMENT-IAM**. Norma PAS 55-1:2008, Especificaciones para la gestión optimizada de Activos.
- **THE INSTITUTE OF ASSET MANAGEMENT-IAM**. Norma PAS 55-2:2008, Directrices para la aplicación de PAS 55-1.
- **WW.BDIGITAL.EAFIT.EDU.CO**. Historia y evolución del mantenimiento. [citado el 23 de marzo del 2013. 12:04 pm]. Disponible en <<http://bdigital.eafit.edu.co/PROYECTO/P658.202CDL925/marcoTeorico.pdf>>
- **WWW.ELECTROMAGAZINE.COM.UY**. Mantenimiento predictivo en motores eléctricos. [citado el 22 mayo del 2013 06:00 pm]. Disponible en <http://www.electromagazine.com.uy/anteriores/numero12/mantenimiento.htm>>.
- **WWW.SINAIS.ES**. Vibración mecánica. Evaluación de la vibración en una máquina mediante medidas en partes no rotativas. [Citado el 23 de mayo de 2013 8:00 am]. Disponible en <<http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/normativa/iso10816.html>>.

- **WWW.PANDUIT.COM.** Productos y servicios de identificación. [citado el 24 de junio del 2013 07:39 pm]. Disponible en http://www.panduit.com/wcs/Satellite?c=Page&childpagename=Panduit_Global%2FPG_Layout&cid=1345565516362&packedargs=classification_id%3D2391%26locale%3Des_es&pagename=PG_Wrapper.

ANEXOS



ANEXO A. Protocolo de Medición de Resistencia de Aislamiento 01.07.2011

	PROTOCOLO DE CAMPO PARA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO		VIT-PNT-F-001													
	ECOPETROL S.A.		Pagina 1 de 1													
ESTACIÓN: GALAN		TIPO DE EQUIPO A PROBAR: UNIDAD 1 L16 - MOTOR-ACOMET														
UBICACIÓN DEL EQUIPO: Unidad 1 L16"																
IDENTIFICACIÓN INTERNA: S/D 7990054006 - BPC3410		OT														
VOLTAJE: 6000 Y		CORRIENTE: 168														
POTENCIA: 1500 kW		CONEXIÓN: Y														
HP: 3000		LONGITUD CONDUCTOR [Km]:														
RPM: 3600		EQUIPO UTILIZADO: Megger														
FRECUENCIA: 60 HZ		TECNICO:														
FECHA: 18-ago-11		HORA: 08:30														
PRUEBA	CONEXIÓN			Temperatura °C	DATOS EN MO											
	ALTA	BAJA	GUARDA		15s	30s	1 m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
1	R	T	-	35	1100	1700	2500	3640	4470	5090	5690	6180	6540	6930	7310	7620
2	S	T	-	35	1460	2550	4090	5990	6870	7630	8190	9120	10500	10900	11600	12400
3	T	T	-	35	1750	3080	4920	6800	7950	8700	9260	9350	10600	11800	12900	13500
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prueba	Im (2000V/1m)	Ip (2000V/1m)	CONDICIÓN DE ACEPTACIÓN (según Megger)	Reglas Normas Cables	Resistencia [MΩ] = (Vector[V]/1000) + 1		Resistencia [MΩ] = 1MO[cada KV] x Km	WIRABLE (OH)		Condición						
1	2,77	2,78			<1	0.5		Peligrosa	<1	<1						
2	2,80	2,81			1,0-2,0	0,5-1		Cuestionable	1,0-1,4	1,0-2,0						
3	2,85	2,74			2,00-4	1-2,5		Buena	1,4-1,6	2,0-4,0						
4					4,000-12	2,5-5		Excelente	>1,6	>4,0						
5			>12	5-10												
Observaciones: Condiciones aceptables del aislamiento del motor según las tendencias de Polarización y adsorción.																
RESPONSABLE FIRMADO EL ORIGINAL				REVISÓ FIRMADO EL ORIGINAL				Actualizado Enero 22 de 2010								



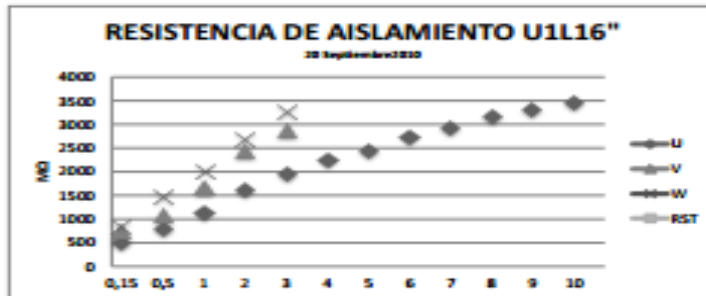
Fuente: ECOPETROL S.A.

ANEXO B. Análisis Monitoreo de Condición 21.10.2011

		WOOD GROUP COLOMBIA S.A. PREFORME DE ANÁLISIS DE CONDICIÓN CTS - CRM																				
ESTACION: Galan CONSECUENCIAS: 3 FECHA MONITOREO: 21/10/2011 ELABORADO POR: LUIZ LUIS REVISADO POR: Jorge Gomez / Fina Valle		RECIPROCANTE: NO ATIVO TERMOGRAFIA: 3 SWR: WDR: 		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ESTADO</th> <th>EST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Verde</td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Amarillo</td> <td>Atención</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Rojo</td> <td>Alarma</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Naranja</td> <td>Extremo</td> </tr> </tbody> </table>				ESTADO		EST	1	Verde	Normal	2	Amarillo	Atención	3	Rojo	Alarma	4	Naranja	Extremo
ESTADO		EST																				
1	Verde	Normal																				
2	Amarillo	Atención																				
3	Rojo	Alarma																				
4	Naranja	Extremo																				
DATOS OPERATIVOS DEL MONITOREO DE LATENCIA BOMBA				ESTACION GALAN																		
CONF. SERVA. M. B. G.	NOMBRE OPERACION	TRAY. %	TIPO DE PRODUCTO	GRUPO	GRUPO	DESCRIPCION	ESTADO	ESTADO	ESTADO	Observación (Detallar estado actual según fallas que presenten fallas)	Acción Correctiva Recomendada	DETALLE										
							Operando	Alerta	Parado			OK	Aten.	Alar.								
PARALELO		38	Isula	Bom. Booster #1 L.1F	BOC04L0101	BOC04L0101	BOC04L0101	BOC04L0101	BOC04L0101	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención	N	N	N								
PARALELO		38	Isula	Bom. Booster #1 L.1F	BOC04L0102	BOC04L0102	BOC04L0102	BOC04L0102	BOC04L0102	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención	N	N	N								
PARALELO		38	Isula	Bom. Booster #1 L.1F	BOC04L0103	BOC04L0103	BOC04L0103	BOC04L0103	BOC04L0103	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención	N	N	N								
PARALELO		38	Isula	Bom. Booster #1 L.1F	BOC04L0104	BOC04L0104	BOC04L0104	BOC04L0104	BOC04L0104	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención	N	N	N								
PARALELO		38	SI	Bom. Booster #1 L.12	BOC04L0105	BOC04L0105	BOC04L0105	BOC04L0105	BOC04L0105	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención	N	N	N								
PARALELO		38	SI	Bom. Booster #1 L.12	BOC04L0106	BOC04L0106	BOC04L0106	BOC04L0106	BOC04L0106	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención	N	N	N								
PARALELO		38	SI	Bom. Booster #1 L.12	BOC04L0107	BOC04L0107	BOC04L0107	BOC04L0107	BOC04L0107	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención	N	N	N								
PARALELO		38	SI	Bom. Booster #1 L.12	BOC04L0108	BOC04L0108	BOC04L0108	BOC04L0108	BOC04L0108	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención	N	N	N								
PARALELO		38	Isula	Bom. Booster #1 L.10	BOC04L0109	BOC04L0109	BOC04L0109	BOC04L0109	BOC04L0109	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención	N	N	N								
PARALELO		38	Isula	Bom. BOOSTER #2 L.10	BOC04L0110	BOC04L0110	BOC04L0110	BOC04L0110	BOC04L0110	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención	N	N	N								
				Bom. Booster #10A7F	BOC04L1101	BOC04L1101	BOC04L1101	BOC04L1101	BOC04L1101	Equipos en Stand By	Atención	N	N									
				Bom. Booster #10A7F	BOC04L1102	BOC04L1102	BOC04L1102	BOC04L1102	BOC04L1102	Equipos en Stand By	Atención	N	N									
				Bom. Booster #10A7F	BOC04L1103	BOC04L1103	BOC04L1103	BOC04L1103	BOC04L1103	Equipos en Stand By	Atención	N	N									
				Bom. Booster #10A7F	BOC04L1104	BOC04L1104	BOC04L1104	BOC04L1104	BOC04L1104	Equipos en Stand By	Atención	N	N									
BIENE		38	Isula	Un. P. #1 Despl. 1F	UPF04L0115	UPF04L0115	UPF04L0115	UPF04L0115	UPF04L0115	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención	N	N	N								
BIENE				Un. P. #1 Despl. 1F	UPF04L0116	UPF04L0116	UPF04L0116	UPF04L0116	UPF04L0116	Equipos en Stand By	Atención	N	N									
BIENE				Un. P. #1 Despl. 1F	UPF04L0117	UPF04L0117	UPF04L0117	UPF04L0117	UPF04L0117	Equipos en Stand By	Atención	N	N									
BIENE				BOMBA PRINCIPAL UNID #3 DESPACHOS L.1F	UPF04L0118	UPF04L0118	UPF04L0118	UPF04L0118	UPF04L0118	Unidad en Standby	Atención											
BIENE		38	Isula	BOMBA PRINCIPAL UNID #3 DESPACHOS L.1F	UPF04L0119	UPF04L0119	UPF04L0119	UPF04L0119	UPF04L0119	Se halla alta temperatura en el motor de la bomba.	Revisar datos de Admisión.	N	N	N								
BIENE				BOMBA PRINCIPAL UNID #3 DESPACHOS L.1F	UPF04L0120	UPF04L0120	UPF04L0120	UPF04L0120	UPF04L0120	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención	N	N	N								
BIENE				Un. P. #1 Despl. L.12	UPF04L0121	UPF04L0121	UPF04L0121	UPF04L0121	UPF04L0121	Equipos en Stand By	Atención	N	N									
BIENE		33	SI	BOMBA PRINCIPAL UNID #3 DESPACHOS L.1F	UPF04L0122	UPF04L0122	UPF04L0122	UPF04L0122	UPF04L0122	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención											
				BOMBA PRINCIPAL UNID #3 DESPACHOS L.1F	UPF04L0123	UPF04L0123	UPF04L0123	UPF04L0123	UPF04L0123	Se observan un sobrecalentamiento en el lado superior de la bomba de la bomba de la bomba de la bomba.	Combinaciones entre las con reportes de alarmas.			L								
				BOMBA PRINCIPAL UNID #3 DESPACHOS L.1F	UPF04L0124	UPF04L0124	UPF04L0124	UPF04L0124	UPF04L0124	Se observan sobrecalentamiento del aceite de la bomba de la bomba de la bomba de la bomba.	Combinaciones entre las con reportes de alarmas.			L								
BIENE		38	SI	BOMBA PRINCIPAL UNID #3 DESPACHOS L.1F	UPF04L0125	UPF04L0125	UPF04L0125	UPF04L0125	UPF04L0125	Se observan sobrecalentamiento del aceite de la bomba de la bomba de la bomba de la bomba.	Combinaciones entre las con reportes de alarmas.	L	L	L								
BIENE				Un. P. #1 Despl. G.P.	UPF04L0126	UPF04L0126	UPF04L0126	UPF04L0126	UPF04L0126	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención	N	N	N								
BIENE		38	SI	BOMBA PRINCIPAL UNID #1 DESPACHOS L.1F	UPF04L0127	UPF04L0127	UPF04L0127	UPF04L0127	UPF04L0127	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención											
PARALELO		38	Isula	BOMBA PRINCIPAL UNID #1 DESPACHOS L.1F	UPF04L0128	UPF04L0128	UPF04L0128	UPF04L0128	UPF04L0128	Las temperaturas elevadas, es un patrón normal de funcionamiento de estos equipos.	Atención	N	N	N								

ANEXO C. Protocolo de Medición de Resistencia de Aislamiento 30.01.2012

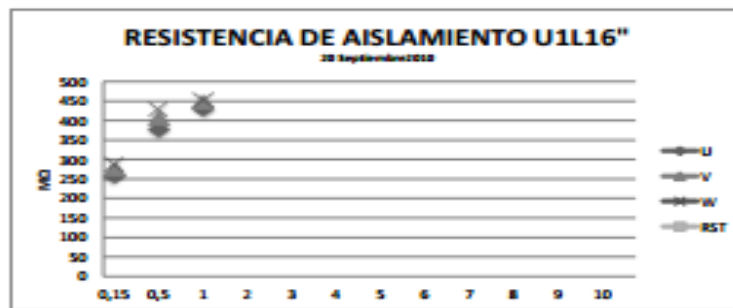
	PROTOCOLO DE CAMPO PARA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO		VIT-PNT-F-001													
	ECOPETROL S.A		Pagina 1 de 1													
ESTACIÓN: GALAN		TIPO DE EQUIPO A PROBAR: UNIDAD 1 L16 - MOTOR-ACOMET														
UBICACIÓN DEL EQUIPO: Unidad 1 L16"																
IDENTIFICACIÓN INTERNA: S/D 7930054006 - BPC3410		OT														
VOLTAJE: 6000 V		CORRIENTE: 168														
POTENCIA: 1500 kW		CONEXIÓN: Y														
HP: 2000		LONGITUD CONDUCTOR [Km]:														
RPM: 3600		EQUIPO UTILIZADO: Megger														
FRECUENCIA: 60 HZ		TECNICO:														
FECHA: 23-ene-12		HORA: 13:00														
PRUEBA	CONEXIÓN			T Amb °C	DATOS EN MO											
	ALTA	BAJA	GUARDA		1.5m	30m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
1	R	T	-		502	775	1130	1590	1960	2230	2440	2730	2940	3170	3300	3450
2	S	T	-		722	1060	1650	2420	2870							
3	T	T	-		814	1450	2020	2680	3240							
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prueba	Im M[cm]N[cm]	Ipe M[cm]N[cm]	CENTRO DE COPIADO Bogotá	Máquina Polaritas	Rmínima[MO] = (Imota)(V)/1000 + 1		Vb [kV] Durado	Vc [kV] de [h]	Condición		Ia	Ip				
1	2,28	2,28			Rmínima[MO] = 1MO/cada kV + Km	<1			0.5	Peligrosa			<1	<1		
2	2,29	0,20				1.0-1.4			1.0-2.0	Cuestionable			1.0-1.4	1.0-2.0		
3	2,68	0,20				1.5-2.0			0.5-1	Buena			1.4-1.6	2.0-4.0		
4						1.001-6			1-2.5	Excelente			>1.6	>4.0		
5			1.000-11	2.5-5												
						>12	5-10.									
Observaciones: Condiciones aceptables del aislamiento del motor según las tendencias de Polarización y adsorción.																
RESPONSABLE FIRMADO EL ORIGINAL				REVISÓ FIRMADO EL ORIGINAL				Actualizado Enero 22 de 2010								




Fuente: ECOPETROL S.A.

ANEXO D. Protocolo de Medición de Resistencia de Aislamiento 30.06.2012

	PROTOKOLO DE CAMPO PARA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO		VIT-PNT-F-001													
	ECOPETROL S.A		Página 1 de 1													
ESTACIÓN:	GALAN		TIPO DE EQUIPO A PROBAR: UNIDAD 1 L16 - MOTOR-ACOMET													
UBICACIÓN DEL EQUIPO:	Unidad 1 L16"															
IDENTIFICACIÓN INTERNA:	S/D 7930054006 - BPC3410		OT													
VOLTAJE:	6000 Y	CORRIENTE:	168													
POTENCIA:	1500 KW	CONEXIÓN:	Y													
HP:	2000	LONGITUD CONDUCTOR [Km]:														
RPM:	3600	EQUIPO UTILIZADO:	Megger													
FRECUENCIA:	60 HZ	TECNICO:														
FECHA:	09-ago-12	HORA:	14:00													
PRUEBA	CONEXIÓN			T _{amb} °C	DATOS EN MO											
	ALTA	BAJA	GUARDA		15s	30s	1 m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
1	R	T	-		258	378	429									
2	S	T	-		275	405	449									
3	T	T	-		290	428	454									
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prueba	I _{sc} (V)/(MVA)	I _{sc} (V)/(MVA)	CONDICIONES DE ACEPTACIÓN (Según Megger)	Medidas Realiza	Mínima [MO] = (Vmotor)/(1000) + 1	Vel [M] Base de	Vel [M] Vel [M]	Condición								
1	1,48	0,20						Cables	Mínima [MO] = 1MO(cada Kv) x Km	<1	0,5	Condición	Ia	Ib		
2	1,48	0,20										Peligrosa	<1	<1		
3	1,17	0,20										Cuestionable	1,0-1,4	1,0-2,0		
4												Buena	1,4-1,6	2,0-4,0		
5			Excelente	>1,6	>4,0											
					>2	5-10.										
Observaciones: Condiciones aceptables del aislamiento del motor según las tendencias de Polarización y adsorción.																
RESPONSABLE FIRMADO EL ORIGINAL			REVISÓ FIRMADO EL ORIGINAL			Actualizado Enero 22 de 2010										



Fuente: ECOPETROL S.A.




PANDUIT® building a smarter, unified business foundation
Connect. Manage. Automate.

Product Bulletin


TDP43ME Thermal Transfer Desktop Printer and Accessories

The TDP43ME Thermal Transfer Desktop Printer produces high-quality printed labels to identify infrastructure components in data center, industrial automation, and connected building applications. With durable construction and compact size, the 300 dpi printer is designed for dependable use in industrial, construction, and harsh environments. Using the included Easy-Mark™ Labeling Software, the printer provides simple setup as well as easy operation and use with all Panduit thermal transfer label media. This solution provides network installers, electrical contractors, MRO groups, custom control panel builders, and wire and cable harness houses with the ability to create wire and cable markers, terminal block labels, equipment labels, marker plates, panel labels, network labels, and safety and facility labels.




Key Features	Benefits
Compatible and easy setup with Panduit software and media	Convenient, easy setup; quickly begin producing infrastructure identification
High-quality printed legends	Durable, clear communication through superior legibility
Simple operation	One-button operation and auto-sensing gap detection reduces time required for learning how to operate the printer and make adjustments
Durable construction	Allows use in construction, industrial, and harsh environments
Easy loading of ribbon and media	Reduces time required to switch between label styles
Easy-Mark™ Labeling Software included with printer	Cost savings; no need to invest in labeling software
USB, Parallel, Serial, and Ethernet connectivity	Connects quickly and easily to any computer
Up to 4 inches per second print speed	Fast label production without sacrificing print quality
Compact, lightweight design	Allows use in office and remote locations


TDP43ME Labeling Applications




Wire and Cable Marking




Terminal Block Labeling




Electrical Infrastructure Labeling




Marker Plates



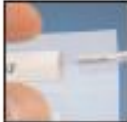
Raised Panel Labels




Network Infrastructure Labeling




Pipe Marking




2-Sided Heat Shrink Markers




Turn-Tail Labels



Safety Signs



Electrical Hazard Labels



Flag Labels

www.panduit.com

TDP43ME and Accessories

Technical/Performance Information

Print Method	300 dpi thermal transfer
Print Speed	2" to 4" (50.8mm to 101.6mm) per second
Media Width	4.25" (108mm)
Media Sensor	Adjustable, Gap and Black Mark sensing
Media Handling	Die cut labels, full cut labels, continuous paper
Media Feeding	Internal roll mount, rear feed with optional roll stand
Weight	6 lbs. (2.72 kg)
Connectivity	USB, Parallel, Serial, Ethernet
Size (width x height x depth)	8.9" x 6.8" x 11.2" (226mm x 173mm x 284mm)
Regulatory Compliance	FCR, CE, CCC, CCG, CB, RoHS, cUL, WEEE
Power	Auto Switching 100/240VAC, 50/60 Hz
Operating System Compatibility	Windows 2000, Windows 7, XP, Vista

Windows 2000, Windows 7, XP, and Vista are registered trademarks of Microsoft Corporation in the United States and/or other countries.

TDP43ME Ordering Information



TDP43ME

Part Number	Part Description	Std. Pkg. Qty.
TDP43ME	300 dpi printer. Includes printer, Panduit® Easy-Mark™ Labeling Software, RME340L hybrid black ribbon, AC power adapter with US power cord, USB cable, user manual, quick start card, and driver disk.	1
TDP43ME-E	300 dpi printer. Includes printer, Panduit® Easy-Mark™ Labeling Software, RME340L hybrid black ribbon, EuroPlug cord, USB cable, user manual, quick start card, and driver disk.	1
TDP43ME-KIT	TDP43ME printer kit. Includes printer, Panduit® Easy-Mark™ Labeling Software, RME340L hybrid black ribbon, AC power adapter with US power cord, USB cable, user manual, quick start card, TDP43ME-CASE, one roll of 5100K150NMTY labels, roll stand, and driver disk.	1
TDP43ME-KIT-E	TDP43ME-E printer kit. Includes printer, Panduit® Easy-Mark™ Labeling Software, RME340L hybrid black ribbon, AC power adapter with EuroPlug cord, USB cable, user manual, quick start card, TDP43ME-CASE, one roll of 5100K150NMTY labels, roll stand, and driver disk.	1
TDP43ME-RS	External label roll stand for TDP43ME printer; used to rear feed labels that are supplied on 2" cores.	1
TDP43ME-CASE	Hardshell carrying case accommodates printer, AC power adapter, ribbons, printer cable, external roll stand, labels, and tools.	1
TDP43ME-AC	Replacement AC power adapter with power cord (US cord only).	1
TDP43ME-CUTTER	Optional power/automatic cutter for TDP43ME thermal transfer desktop printer; easy to install for automatic cutting of labels.	1
PTN-CLN	Printer cleaning kit – contains bottle of cleaning solution with ME215, cleaning pen, swabs, alcohol wipes, and cleaning instructions.	1

Order in multiples of standard package quantity.

Thermal Transfer Ribbons



RME4BL

Part Number	Description	Width		Length		Std. Pkg. Qty.
		In.	mm	Ft.	m	
RME340L	Black hybrid thermal transfer ribbon, 2.50" x 300'. For use with TDP43ME desktop printer. Use with heat shrink, self-laminating, Turn-Tab®, and vinyl cloth labels.	2.50	63.5	300.0	91.4	1
RME340L-E	Black hybrid thermal transfer ribbon, 4.25" x 300'. For use with TDP43ME desktop printer. Use with heat shrink, self-laminating, Turn-Tab®, and vinyl cloth labels.	4.25	108.0	300.0	91.4	1
RME320L	Black resin thermal transfer ribbon, 2.50" x 300'. For use with TDP43ME desktop printer. Use with polyester and polyethylene labels, continuous vinyl tapes, marker plates, and mixed panel labels.	2.50	63.5	300.0	91.4	1
RME340L-E	Black resin thermal transfer ribbon, 4.25" x 300'. For use with TDP43ME desktop printer. Use with polyester and polyethylene labels, continuous vinyl tapes, marker plates, and mixed panel labels.	4.25	108.0	300.0	91.4	1
RME320WH	White resin thermal transfer ribbon, 2.50" x 300'. For use with TDP43ME desktop printer. Use with continuous vinyl tapes, marker plates, and mixed panel labels.	2.50	63.5	300.0	91.4	1
RME340WH	White resin thermal transfer ribbon, 4.25" x 300'. For use with TDP43ME desktop printer. Use with continuous vinyl tapes, marker plates, and mixed panel labels.	4.25	108.0	300.0	91.4	1
RME340RD	Red resin ribbon, 4.25" x 300'. For use with TDP43ME desktop printer. Use with continuous vinyl tapes, marker plates, and mixed panel labels.	4.25	108.0	300.0	91.4	1

Order in multiples of standard package quantity.

For a full offering of Panduit label products available for the TDP43ME, visit www.panduit.com/TDP43ME.

WORLDWIDE SUBSIDIARIES AND SALES OFFICES

PANDUIT CANADA
Markham, Ontario
cs-can@panduit.com
Phone: 800.777.3300

PANDUIT EUROPE LTD.
London, UK
cs-emea@panduit.com
Phone: 44.20.8601.7200

PANDUIT SINGAPORE PTE. LTD.
Republic of Singapore
cs-ap@panduit.com
Phone: 65.6305.7575

PANDUIT JAPAN
Tokyo, Japan
cs-japan@panduit.com
Phone: 81.3.6863.6000

PANDUIT LATIN AMERICA
Guadalajara, Mexico
cs-la@panduit.com
Phone: 52.33.3777.6000

PANDUIT AUSTRALIA PTY. LTD.
Victoria, Australia
cs-asa@panduit.com
Phone: 61.3.9794.9000

For a copy of Panduit product warranties, log on to www.panduit.com/warranty

For more information

Visit us at www.panduit.com

Contact Customer Service by email: cs@panduit.com
or by phone: 800.777.3300 and reference IDC869-WW-ENG

©2012 Panduit Corp.
ALL RIGHTS RESERVED.
Product Bulletin Number IDC869-WW-ENG
5/2012

PANDUIT®